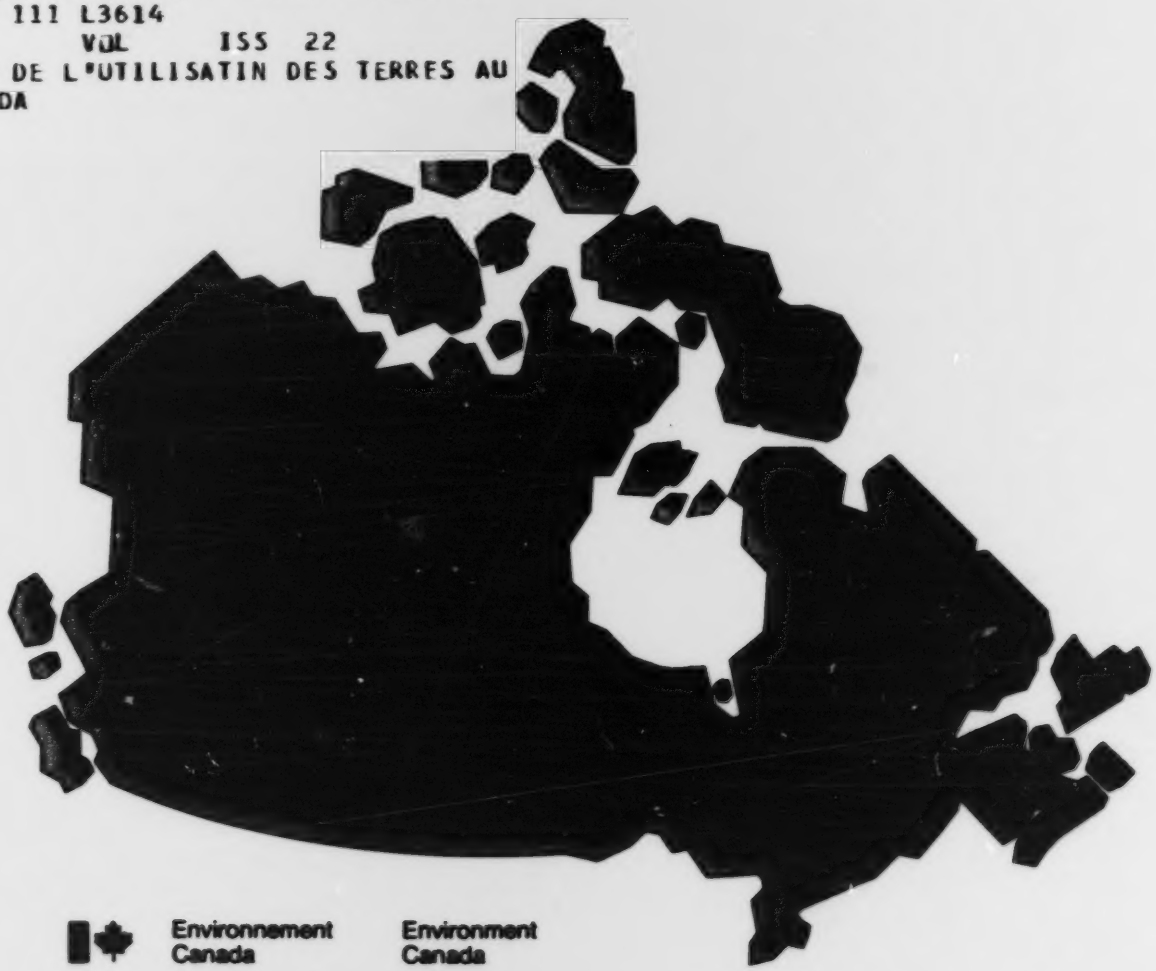
SÉRIE DE L'UTILISATION
DES TERRES AU CANADA

NUMÉRO 22

MINES, UTILISATION DES TERRES ET ENVIRONNEMENT

I. UN APERÇU GÉNÉRAL AU CANADA

Environment Canada Environnement Canada
0050151H DEST PVM EXCH COPY 03
HD 111 L3614
VOL ISS 22
SERIE DE L'UTILISATIN DES TERRES AU CANADA



Environnement Canada
Direction générale des terres

Environment Canada
Lands Directorate

Canada

Mines, utilisation des terres et environnement

I. Un aperçu général au Canada.

par
I.B. Marshall

Direction générale des terres
Environnement Canada

Mars 1983
Ottawa

SÉRIE DE L'UTILISATION DES TERRES AU CANADA

Les rapports de cette collection traitent des principales questions relatives à l'utilisation du sol au Canada. Réalisés par et pour la Direction générale des terres d'Environnement Canada, les rapports étudient les causes et conséquences des tendances actuelles et des problèmes les plus importants dans le domaine de l'aménagement du territoire et évaluent l'efficacité des programmes gouvernementaux créés en vue de solutions possibles.

Les rapports sur l'utilisation du sol englobent ceux de la série antérieure intitulée : « Programme de planification de l'utilisation des sols au Canada » dans lesquels étaient passés en revue les programmes d'utilisation des sols dans les dix provinces et les deux territoires du Canada. Les rapports de la présente série étudient donc, dans une véritable perspective nationale, les travaux ayant une incidence sur l'aménagement du territoire canadien.

Édition française de :	Mining, Land Use and the Environment Part I : A Canadian Overview
Révision :	Module d'édition française d'Environnement Canada
Cartographie :	Division du dessin, Service de la conservation de l'environnement
Photographie de la page couverture II :	George Hunter Cette photographie provient de la photothèque de l'ONF. Elle a été prise à la carrière Dufferin, à Milton (Ontario)
Composition et mise en pages :	Typo-Excel Inc., Montréal
Publication distribuée par :	Environnement Canada Ottawa K1A 1C8

© Ministre des Approvisionnements et Services, 1982
N° de catalogue : En 73-1/22 F
ISBN : 0-662-91785-5

PRÉFACE

La gestion et l'utilisation appropriée des ressources foncières du Canada est une question de préoccupation nationale. La Direction générale des terres dans des études antérieures comme Les terres de choix du Canada *a étudié certains secteurs de ressources dont l'agriculture, la foresterie, les loisirs, la faune, le développement urbain et l'énergie, mais le secteur minier n'avait encore jamais fait l'objet d'une étude en profondeur. Le présent rapport se penche sur la nature et la portée des répercussions de l'industrie minière sur les ressources foncières. Cette étude vise à donner un aperçu de la portée de l'utilisation du sol par l'industrie minière. On y étudie la nature et l'ampleur des processus de dégradation du sol dus à l'exploitation minière, leurs effets sur les ressources foncières environnantes, la possibilité que des conflits puissent survenir dans l'utilisation du sol et les progrès qui ont été accomplis dans le domaine de la remise en état. En comprenant comment et pourquoi l'exploitation minière est l'une des nombreuses utilisations du sol parmi lesquelles il faut faire un choix, de meilleures décisions pourront être prises en matière de gestion des ressources foncières du pays.*

La Direction générale des terres d'Environnement Canada est engagée dans un programme continu de recherche sur les causes et les conséquences des problèmes et des questions concernant les terres du Canada et sur les moyens de les résoudre. En comprenant mieux les exigences qui pèsent sur les terres, des mesures pourront être élaborées pour décider de l'utilisation judicieuse des ressources foncières du Canada, dont tireront profit tous les Canadiens.

R.J. McCormack
Directeur général des terres
Direction générale

REMERCIEMENTS

Une étude nationale de cette nature est impossible à effectuer sans l'aide et la coopération des ministères fédéraux et provinciaux de l'Environnement. Nous remercions sincèrement les divers organismes, plus particulièrement les divers services d'Environnement Canada qui nous ont fourni des conseils et informations. Nous remercions plus particulièrement Bill Blakeman, du Service de la protection de l'environnement, pour les observations qu'il nous a fait sur les premières ébauches, et les conseils qu'il n'a pas ménagés au cours de l'étude. Nous remercions les membres de la Direction générale des terres pour les précieux conseils qu'ils nous ont prodigués au cours de la rédaction des premières ébauches : la Commission géologique du Canada et la Direction générale des services géographiques d'Énergie, Mines et Ressources qui ont fourni les cartes originales. La Division du dessin du Service de la conservation de l'environnement a produit les cartes et les figures utilisées dans le texte. Nous remercions également George Miller du *Centre for Ressources Studies* de l'université Queen qui nous a autorisé à reproduire les figures de la publication intitulée « The Environmental Impact of Mining in Canada » ; Ilze Reiss qui a patiemment préparé le manuscrit final ; Jane T. Buckley qui s'est chargé de la révision et dont les compétences ont été grandement appréciées, et enfin le personnel du Module d'édition française d'Environnement Canada, qui a assuré la révision, la préparation du manuscrit et la mise en page de la version française.

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre premier. Introduction

L'industrie minière et l'opinion publique 3

Caractéristiques de l'exploitation minière 3
- Emplacement 3
- Durée limitée 3
- Isolement 4
- Délai de démarrage 4

Nature changeante de l'exploitation minière 5

But de l'étude 8

Chapitre II. Nature de l'extraction minière

Caractéristiques des ressources minérales 11
- Minéraux métallifères 11
- Minéraux non métallifères 13

L'exploitation 14
- Étape préparatoire 14
  - Exploration 14
  - Mise en valeur 16
- Étape de la production 18
  - Extraction 23
    - Extraction en surface. Extraction souterraine 24
  - Enrichissement 36
    - Comminution. Concentration. Déshydratation.
  - L'enrichissement dans la pratique 41
    - Minerais métallifères. Minerai d'amiante. Charbon. Sables pétrolifères

Traitement ultérieur 47
Méthodes de fonte et d'affinage, Le traitement ultérieur dans la pratique.
Résidus miniers 49
Utilisation des déchets 52
Étape de l'après-production 57
Fermeture temporaire de la mine 57
Fermeture permanente 58
Remise en état des terrains 59
Planification. Préparation du site (aménagement paysager). Amélioration du sol. Restauration de la couverture végétale. Stabilisation physique et chimique. Entretien et contrôles subséquents.

Chapitre III. Distribution de l'exploitation minière

Richesses et réserves minérales 71
Plan général de la distribution 71
Zones de ressources foncières 80

Production et distribution actuelles 80
Minéraux métallifères 80
Métaux ferreux 80
Métaux non ferreux 80
Métaux précieux 87
Minéraux non métallifères 89
Minéraux industriels 89
Matériaux de construction 89
Engrais 91
Minéraux à valeur énergétique 93
Sables pétrolifères 93
Charbon 93
Uranium 97

Exploitation minière future 98
Minéraux métallifères 98
Minéraux non métallifères 102
Minéraux à valeur énergétique 111
Sables pétrolifères 111
Charbon 111
Uranium 113

Zones de ressources foncières et exploitation minière 115

Perspectives d'avenir et contraintes 118
Importance économique 118
Perspectives économiques 118
Contraintes possibles 119
Marché mondial 120
Énergie 120
Exploration 123
Infrastructure 123
Réglementation et compétence 123
125

Chapitre IV. Sols utilisés et perturbés par l'exploitation minière

Sols utilisés 129

Sols perturbés 132
Extraction et élimination des déchets 133
Minéraux métallifères, non métallifères et à valeur énergétique 133
Matériaux de construction 137
Installations et sols inutilisables 139
Minéraux métallifères, non métallifères et à valeur énergétique 139
Matériaux de construction 141
Les besoins en sols dans le futur 141
Minéraux métallifères et non métallifères 144
Besoins fonciers 144
Progrès dans le réaménagement des terrains 145
Minéraux à valeur énergétique 149
Charbon 149
Besoins fonciers. Progrès dans la remise en état.
Sables pétrolifères 151

Résumé 153

Chapitre V. Effets de l'étalement

Impacts et interaction de l'exploitation minière 157
Nature des résidus miniers 157
Contraintes affectant la prévision des incidences environnementales 157

Pollution atmosphérique 159
Mécanismes de dispersion 159
Effets généraux de la pollution atmosphérique 161
Problèmes que présentent les minerais sulfurés 164
Étude de cas : le transport à grande distance des polluants atmosphériques (page 166)

Perspectives d'avenir et contraintes 118
Importance économique 118
Perspectives économiques 119
Contraintes possibles 120
Marché mondial 120
Énergie 123
Exploration 123
Infrastructure 123
Réglementation et compétence 125

Chapitre IV. Sols utilisés et perturbés par l'exploitation minière

Sols utilisés 129

Sols perturbés 132
Extraction et élimination des déchets 133
Minéraux métallifères, non métallifères et à valeur énergétique 133
Matériaux de construction 137
Installations et sols inutilisables 139
Minéraux métallifères, non métallifères et à valeur énergétique 139
Matériaux de construction 141
Les besoins en sols dans le futur 141
Minéraux métallifères et non métallifères 144
Besoins fonciers 144
Progrès dans le réaménagement des terrains 145
Minéraux à valeur énergétique 149
Charbon 149
Besoins fonciers. Progrès dans la remise en état.
Sables pétrolifères 151

Résumé 153

Chapitre V. Effets de l'étalement

Impacts et interaction de l'exploitation minière 157
Nature des résidus miniers 157
Contraintes affectant la prévision des incidences environnementales 157

Pollution atmosphérique 159
Mécanismes de dispersion 159
Effets généraux de la pollution atmosphérique 161
Problèmes que présentent les minerais sulfurés 164
Étude de cas : le transport à grande distance des polluants atmosphériques (page 166)

Annexes

I. Opérations minières ayant une influence en surface 258
II. Superficie moyenne occupée par les déchets miniers et les exploitations à ciel ouvert, au Canada 262
III. Nombre de carrières et sablières dans l'Est du Canada, à moins de 8 km de centres urbains 263
IV. Exigences en matière de remise en état des terrains 264
V. Description des zones de ressources foncières 270
VI. Superficie approximative de sol perturbé par l'exploitation minière au Canada (1970, 1975) 274
VII. Superficie de sol perturbé par l'exploitation minière au Canada, par province et territoire 275
VIII. Comparaison entre diverses études effectuées sur la perturbation et la remise en état des sols, par l'industrie minière au Canada 276
IX. Bibliographie pour tableaux 28 et 34 277

LISTE DES CARTES

1	Principales régions minières du Canada	73
2	Principales régions minières et emplacement des sociétés exploitantes (1979)	75
3	Fonderies et affineries des métaux non ferreux	76
4	Gisements d'or filonien et placérien productifs dans le Yukon	77
5	Conditions climatiques	79
6	Principales zones forestières et agricoles	81
7	Zones de ressources foncières	84
8	Régions productrices de minéraux métallifères et non métallifères (1979)	86
9	Mines de charbon et sites d'extraction des sables pétrolifères	95
10	Mines d'uranium	101
11	Emplacement des gisements minéraux connus susceptibles d'être économiquement exploitables avant l'an 2000	103
12	Distribution des gisements de minéraux métallifères connus dans chaque zone de ressources foncières	104
13	Gisements non productifs de minéraux dans chaque zone de ressources foncières	105
14	Nombre et type de mines productives dans chaque zone de ressources foncières (1979)	106
15	Exploitation minière projetée dans chaque zone de ressources foncières (1979-1985)	108
16	Exploitation minière projetée, par genre de mine, dans chaque zone de ressources foncières (1979-1985)	109
17	Mines à l'étape de la phase préparatoire	110
18	Régions à riche potentiel énergétique et minéral inexploité	121
19	Exploitation de mines d'uranium (bassin de la rivière Serpent)	180
20	Étalement des résidus de la mine de l'île Copper (Colombie-Britannique)	184
21	Principaux parcs au Canada	204
22	Secteurs où la faune est protégée	207
23	Terres revendiquées par les autochtones	210
24	Zones de pêche commerciale à l'intérieur des terres et des activités minières	225
25	Contraintes majeures pour les futures exploitations minières par zone de ressources foncières	237

LISTE DES FIGURES

1	Composition chimique de l'écorce terrestre	13
2	Principales étapes de l'extraction minière	15
3	Calendrier de mise en valeur d'une mine	17
4	Coupe d'une mine à ciel ouvert typique	23
5	Coupe d'une exploitation d'un gisement de charbon en découverte	24
6	Exploitation d'un gisement de charbon en découverte : première tranchée parallèle	25
7	Exploitation sélective en découverte	25
8	Illustration d'une mine souterraine	33
9	Diagramme de la phase d'enrichissement	37
10	Diagramme du traitement du minerai d'amiante	44
11	Schéma de principe de l'exploitation générale des sables pétrolifères	48
12	Diagramme composite et généralisé du mouvement des matériaux au cours des phases d'extraction, d'enrichissement et de traitement ultérieur (mine type de métaux de base)	53
13	Illustration schématique de la méthode moderne de remise en état des terrains par l'industrie minière	61
14	Illustration schématique du processus d'aménagement avant que la production ne débute	63
15	Classification et schéma du potentiel d'exploitation des ressources minérales	74
16	Interaction entre les étapes de l'exploitation minière et l'environnement	158
17	Étalement des résidus atmosphériques	160
18	Échelle des tailles types des particules émises dans l'atmosphère et durée théorique de la retombée	162
19	Schéma général du cycle hydrologique mondial	170
20	Schéma général de l'utilisation de l'eau dans une mine de minéraux métallifères	172
21	Schéma des substances types des mines souterraines et à ciel ouvert	176
22	Conflits et contraintes en matière d'utilisation des terres, pour l'exploitation minière	196

LISTE DES TABLEAUX

1	Principaux systèmes minéraux et principaux minéraux, au Canada	12
2	Type et nombre de mines en exploitation au Canada	22
3	Superficie moyenne de sol perturbé par l'exploitation minière au Canada	27
4	Mines de surface typiques : transport du minerai et des déchets rocheux	29
5	Superficie requise par des mines à ciel ouvert	30
6	Exemples de minerais et de stériles extraits de gisements métallifères souterrains, au Canada	36
7	Pratiques de préparation du charbon au Canada (1978)	46
8	Pratiques de préparation du charbon au Canada, par province (1978)	47
9	Méthodes de métallurgie extractive utilisées au Canada, par type de minerai	51
10	Classification et caractéristiques des déchets miniers	54
11	Zones de ressources foncières et utilisation du sol	83
12	Production canadienne de métaux, matériaux de construction, minéraux non métallifères et combustibles, en 1979 et 1980	87
13	Production canadienne de minéraux non métallifères, en 1980	90
14	Sommaire de sol perturbé et nombre de carrières et sablières dans l'Est du Canada (dans un rayon de 8 km autour des centres urbains)	92
15	Résumé des ressources estimées en sables pétrolifères et en huile visqueuse	94
16	Réserves de charbon au Canada, par classe, en 1977	97
17	Approximation de la production de charbon actuelle et future au Canada (mines de surface et souterraines)	98
18	Estimation des ressources en uranium au Canada, en 1978	100
19	Exploitation minière projetée pour la période 1979-1985	107
20	Production de charbon envisagée entre 1980 et 2000	113
21	Nouvelles mines de charbon, mines en voie d'expansion et mines envisagées	114
22	Exploitation minière (actuelle et future) comparée aux autres utilisations du sol, par zones de ressources foncières	117
23	Relations approximatives entre l'industrie minière et l'économie canadienne	119
24	Rang occupé par le Canada à titre de producteur	120
25	Taux de croissance de la production minière, de 1961 à 1985	122
26	Propriétés foncières des producteurs de minerais et d'énergie, en 1979	130
27	Superficie de sol perturbé et remis en état — secteur des mines de charbon exploitées en 1979	135
28	Superficie de sol perturbé par les résidus de mines	136
29	Sommaire de la superficie de sol perturbé par les carrières et sablières dans l'Est du Canada	138

30 Perturbation et utilisation du sol sur trois emplacements miniers hypothétiques 140

31 Perturbation et utilisation du sol sur les sites miniers en exploitation au Canada 141

32 Superficie de sol perturbé, utilisé et rendu inutilisable par l'exploitation minière 144

33 Superficie de sol requis pour l'extraction du sable et du gravier et de la pierre concassée, en fonction de la demande prévue (1980 à 2000) 145

34 Estimation de la superficie de sol perturbé et restauré, en 1980 146

35 Estimation des superficies de sol perturbé et restauré suite à l'ouverture de nouvelles mines de charbon ou d'expansion de mines existantes (1980 à 2000) 150

36 Processus d'étalement des polluants dans la biosphère 159

37 Estimation subjective de l'influence des variables atmosphériques sur la pollution à l'échelle locale, régionale et globale (source de pollution à la surface du sol ou en altitude) 163

38 Effets de la toxicité des métaux sur les plantes 164

39 Toxicité relative de divers métaux et leurs effets sur l'homme 165

40 Composition des minerais sulfurés courants 166

41 Émission de matières polluantes dans l'atmosphère par diverses industries au Canada, en 1974 167

42 Quantité d'eau utilisée dans des sites d'exploitation minière choisis 173

43 Effets de la pollution due aux mines sur les écosystèmes aquatiques du Canada 174

44 Résultats types obtenus lors du dosage d'eaux acides, au Canada 175

45 Classification de certains éléments en fonction de leur toxicité possible 178

46 Réacidification en aval des effluents provenant des étangs à stériles 182

47 Réactifs utilisés lors du broyage des minerais et leurs effets toxiques pour les poissons et crustacés 188

48 Teneur moyenne du réactif de flottation à différents stades du processus de retenue des stériles 190

49 Incidences environnementales des procédés métallurgiques 190

50 Relation entre les principales phases de l'exploitation minière et les impacts sur les ressources foncières et biologiques 191

51 Utilisation du sol, au Canada 197

52 Superficie des parcs nationaux et provinciaux et des réserves 203

53 Superficie des terres protégées pour la faune (par province) 205

54 Statut et superficie des sites du PBI 206

55 Contraintes environnementales auxquelles se heurteront les futurs développements miniers au Canada (par zone de ressources foncières) ... 236

Exploitation en découverte : mine de charbon à Alder Point (N.-É.)
Photographie : Cliff Baskin, fournie par : photothèque de l'ONF

INTRODUCTION

Fait remarquable, l'homme a su de tous temps modifier la surface du sol afin de l'adapter à ses propres besoins. Le milieu naturel s'en trouve perturbé et, par suite, l'utilisation des sols varie de façon plus ou moins importante. La recherche de ressources minérales et énergétiques, puis les processus d'extraction, d'enrichissement et de traitement sont à l'origine des changements les plus frappants. Nul doute que vers la fin des années 1960, l'industrie minière a fait l'objet des critiques les plus violentes, du fait que ses méthodes d'extraction, de traitement et de rejet des déchets ont entraîné une détérioration flagrante de l'environnement.

L'INDUSTRIE MINIÈRE ET L'OPINION PUBLIQUE

L'exploitation des mines au Canada a été perçue par les environnementalistes et les amis de la nature comme une source de sérieux problèmes, particulièrement dans les régions assez éloignées du Bouclier, du Nord, des Maritimes et des Rocheuses. Certes, l'exploitation des métaux et du charbon a causé des dommages plus ou moins importants à l'environnement de ces régions. Dans les villes, les banlieues et les villages à vocation agricole, ce ne sont toutefois pas les quelques producteurs de métaux et de charbon, mais plutôt les exploitants des omniprésentes carrières de sable, de gravier et de pierre et de certaines mines de minéraux industriels qui ont été jugés coupables des dégradations les plus visibles et les plus importantes. On a plus particulièrement étudié les effets physiques et esthétiques, présents et à venir, de ces opérations sur des terres qui représentent des ressources primaires. Mais, contrairement à la plupart des activités humaines, les travaux miniers n'occupent le sol que temporairement, et sont donc de nature passagère. Si on compare l'étendue des terres occupées par les mines en exploitation, il est évident qu'elle est loin derrière les autres utilisations foncières ; par contre, l'industrie minière change radicalement le paysage et tend à laisser des traces. De ce fait, les conséquences de l'abandon ou de la fermeture frappent d'autant plus fortement l'œil du public.

Au début des années 1970, les affrontements entre groupements de citoyens, organismes gouvernementaux et membres de l'industrie minière étaient chose commune. L'importance et la nature des conflits dépendaient généralement de l'utilisation foncière du moment et des conséquences prévues des perturbations. Les conflits portaient sur la destruction du paysage, l'enlaidissement du cadre, la perturbation des cours d'eau, la ruine des terres agricoles et forestières, les dommages aux aires récréatives et les revendications des autochtones, en plus du bruit, de la poussière, de la circulation lourde et des atteintes aux droits du public, toutes choses normalement associées aux différents stades de l'exploitation minière.

Notre conscience écologique s'est fort développée et nous a conduits à penser que tous les paliers de gouvernement au Canada devraient être en mesure de freiner l'épuisement des ressources naturelles et les dommages environnementaux excessifs. Les pressions du public ont obligé les gouvernements à intervenir davantage pour protéger l'environnement par un train de mesures de contrôle visant à réduire l'impact des grands travaux de mise en valeur des ressources. Le gouvernement a dû aussi intervenir pour atténuer l'inquiétude du public provoquée par l'ouverture de voies d'accès à des ressources renouvelables et non renouvelables dont nous avons grand besoin.

CARACTÉRISTIQUES DE L'EXPLOITATION MINIÈRE

EMPLACEMENT

Les gisements minéraux sont inamovibles : ils restent là où on les découvre. En conséquence, leur exploitation, contrairement à celle des ressources renouvelables — pêches, agriculture, foresterie — échappe à la sélection rationnelle ou à la planification à long terme. Les particularités physiques des lieux d'extraction font qu'il est impossible d'en choisir les

Extraction du charbon dans une mine d'Estevan (Sask.), 1912.
Collection nationale de photographies, Archives publiques du Canada. PA 38662

caractéristiques écologiques, les propriétés physiques et chimiques, la composition minéralogique ou la teneur en minerai. Tous ces facteurs jouent un rôle dans la conception, la disposition et l'ampleur de l'entreprise, ainsi que dans les problèmes environnementaux qui risquent de survenir à une mine particulière et l'aggravation des effets régionaux éventuels. Le cadre écologique détermine aussi d'autres utilisations ou activités foncières que le projet pourrait toucher.

DURÉE LIMITÉE

Les mines ont une durée limitée. À cause du caractère non renouvelable des gisements minéraux, leur exploitation n'occupe le sol que temporairement. L'exploitation d'une mine peut être sporadique, en raison de la conjoncture économique, mais tôt ou tard les gisements s'épuisent. Dans quelques cas, toutefois, les réserves de minerai sont si importantes que l'industrie minière devient partie intégrante de l'existence des habitants d'une région. C'est le cas dans la région de Sudbury où certains gisements cessent d'être exploités mais où les compagnies mères restent pour planifier et échelonner la mise en exploitation des vastes réserves de minerai.

ISOLEMENT

L'immensité du Canada, avec ses vastes régions hostiles et inhabitées, explique l'isolement de nombreux lieux d'exploitation des ressources. Cela est particulièrement visible dans l'industrie minière où :

... « *Les mines sont généralement situées dans un cadre relativement intact. Le contraste entre la mine, son terril, l'usine et la ville nouvellement construite, d'une part, et les vallées boisées et les flancs de montagnes inviolés, de l'autre, est très frappant. Il y a de cela une génération, ces avant-postes de l'industrie, qui exploitaient les richesses de la nature sauvage, étaient perçus comme des symboles de l'ingéniosité humaine et comme de fiers témoins du progrès vers un avenir toujours meilleur. Maintenant, ils sont considérés par certains, et peut-être par un nombre croissant, comme les précurseurs de la destruction de l'environnement qui nous fait vivre et dont nous faisons partie.* » (Roots, 1977)

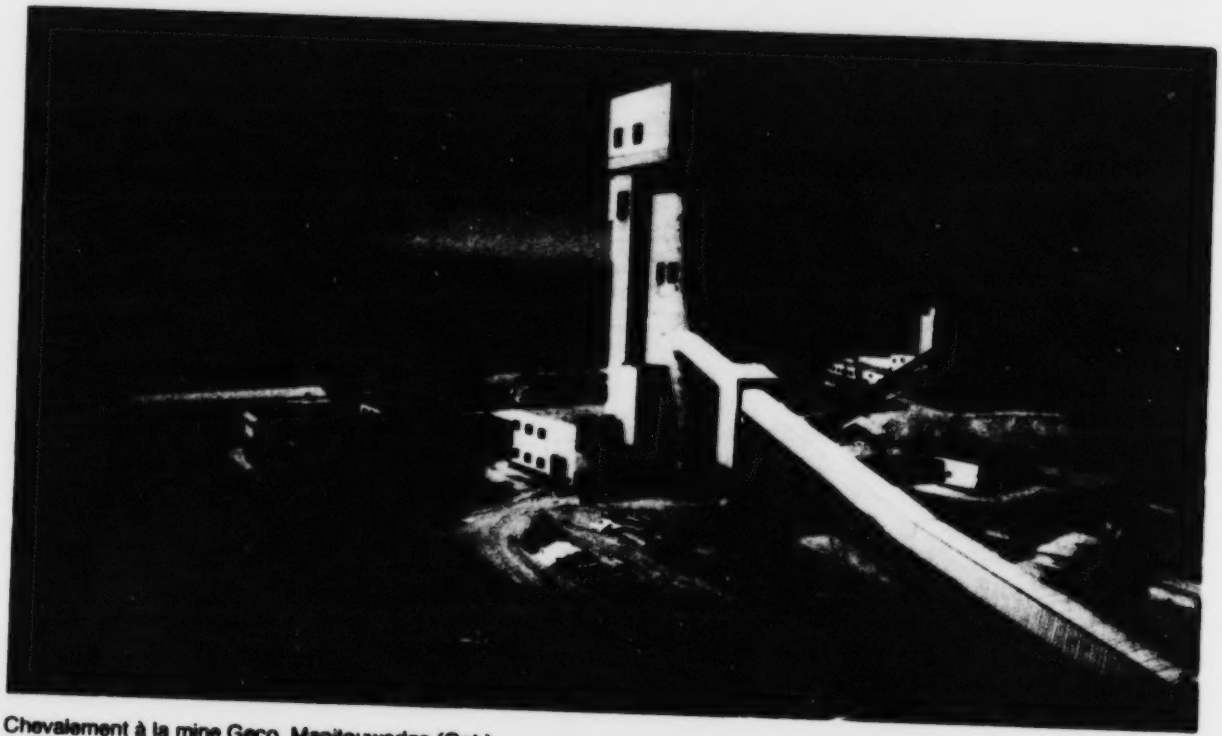
Dans bien des cas, la mine est à l'origine même de la ville. C'est seulement plus tard que d'autres activités économiques y naissent. Souvent, à cause de l'isolement des villes minières dans des régions boisées et parsemées de lacs, de nouveaux emplois se créent dans la foresterie, le tourisme et les loisirs. L'essor de ces deux derniers domaines dépend bien souvent d'une meilleure accessibilité à ces régions par des touristes qui, en quête d'un environnement relativement propre et intact, contribuent aux changements d'opinion et à accroître l'opposition à l'activité minière.

Paradoxalement, cette accessibilité accrue découle des exploitations minières et forestières nouvellement créées. Dans les forêts isolées, la toundra dénudée ou les zones alpines, on considère que la plupart des utilisations foncières sont liées à des ressources renouvelables qui, si l'on y veille, causeront moins de torts que l'industrie minière. Cela vaut également pour les régions moins éloignées du Canada, notamment en ce qui concerne l'extraction du charbon, du sable, du gravier, des roches et de la potasse sous les meilleures terres agricoles ou en bordure des centres urbains en expansion. Dans ces cas, cependant, le problème de la répartition des terres se complique de facteurs politiques, sociaux, économiques et écologiques.

La question est la suivante : « Comment extraire les minéraux à court terme sans changer à tout jamais la vocation des terres après l'exploitation ? » Dans ces conditions, les utilisations non minières du sol qui pourraient être très profitables sont à bien considérer par rapport à l'exploitation des richesses en minéraux qu'elles contiennent ou bien, elles peuvent amener plus tard à des conflits. Dans plusieurs cas, peu importe la valeur économique du gisement, les facteurs socio-politiques en opposition sont si puissants qu'aucune nouvelle mine ne sera exploitée.

DÉLAI DE DÉMARRAGE

Un autre facteur important de l'exploitation minière est le temps, plus précisément le « délai de démarrage ». Plusieurs années d'élaboration et de construction s'écoulent avant l'exploitation d'un nouveau gisement. Au Canada, six ans, en moyenne, se sont écoulés entre la découverte des gisements et le début de leur production pour la période s'étalant de 1946 à 1971 (Énergie, Mines et Ressources, 1975). Pour certaines des mines les plus importantes (50 à 100 millions de tonnes), il a fallu jusqu'à huit ans. Une fois la production commencée, ce délai peut avoir des répercussions considérables sur les coûts du financement et le rendement du capital investi. Le temps peut aussi influer fortement sur l'impact final que les travaux auront sur l'environnement. Même si la plupart des perturbations et des effets directs peuvent être prévus, des changements physiques et chimiques imprévus peuvent apparaître dans l'environnement au cours de l'exploitation ou longtemps après la fermeture, et ce, malgré les précautions prises. Chaque mine présente un



Chevalement à la mine Geco, Manitouwadge (Ont.)
Photographie : Crombie McNeill, fournie par : photothèque de l'ONF

ensemble particulier de problèmes de planification et de gestion aux stades de l'élaboration, de la production et, éventuellement, de la fermeture.

NATURE CHANGEANTE DE L'EXPLOITATION MINIÈRE

Durant la dernière décennie, l'adoption de lois en matière de contrôle de l'environnement et les pratiques de gestion des ressources ont obligé à repenser les méthodes traditionnelles d'élaboration des projets d'exploitation des mines et des ressources. Les mesures les plus significatives sont les suivantes :

1° *Évaluation des incidences environnementales et enquêtes publiques ;*

2° *Conditions d'approbation des permis ;*

3° *Gestion des ressources et aménagement foncier ; et*

4° *Récupération et restauration des sols.*

Ces mesures ont augmenté les risques de prolongation et de complication de la mise sur pied des projets miniers. De ce fait, elles ont engendré le besoin d'une meilleure compréhension entre les adeptes des méthodes traditionnelles et les tenants d'une réglementation gouvernementale accrue et d'une plus grande participation de la population au processus.

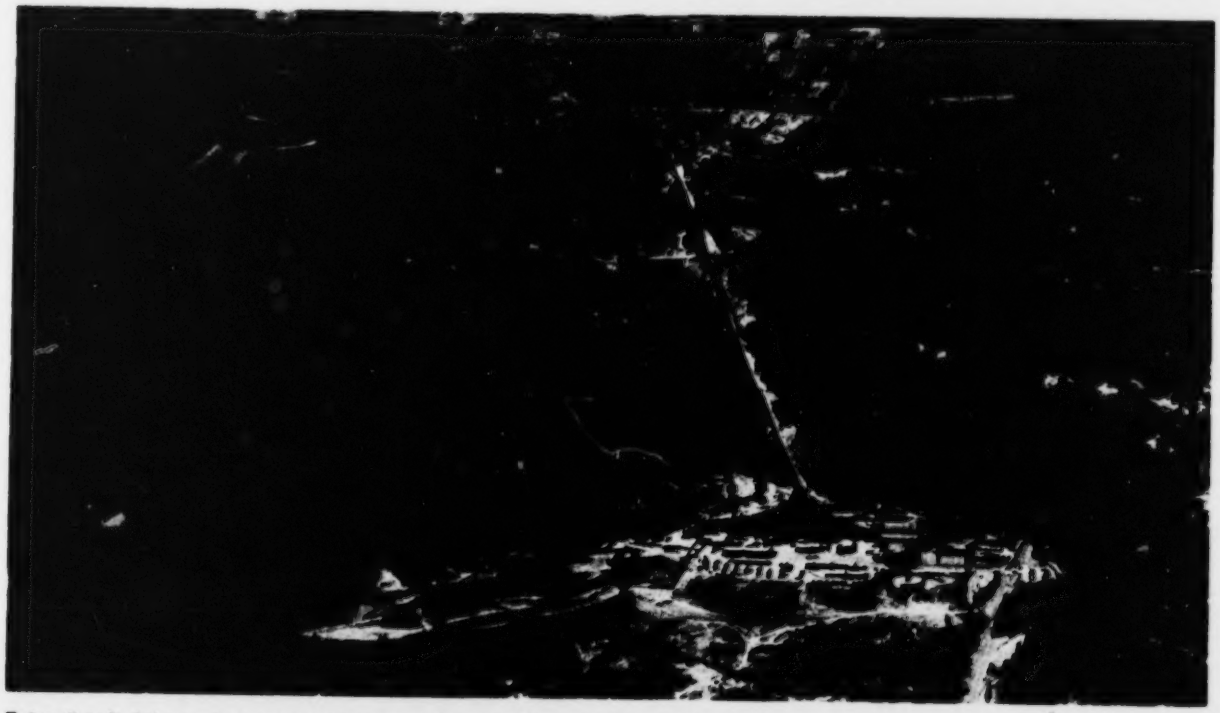
L'évaluation des incidences environnementales gagne de l'importance en raison de la tendance accrue à étudier de plus près, et plus rationnellement, les grands projets d'exploitation des ressources, et on l'utilise comme guide d'élaboration et de gestion. Même si les méthodes et les exigences varient entre les provinces et dans les territoires, son influence sur l'élaboration du projet minier demeure la même. Pour tout projet minier, deux processus parallèles s'imposent de nos jours : premièrement, la conception, la disposition et les exigences techniques nécessaires à la production ; deuxièmement, un programme intégré de protection de l'environnement qui réponde entièrement aux normes et aux règlements en matière de qualité de l'air, de l'eau et du sol. Les exploitants éventuels doivent maintenant recueillir les données de base sur l'environnement, procéder à une évaluation des incidences environnementales avec, de plus en plus, une évaluation parallèle des incidences socio-

économiques, et enfin présenter plusieurs soumissions officielles, se soumettre à des consultations publiques et formuler des demandes, en accord avec les pratiques établies par les provinces et les territoires.

Dans la plupart des cas, si la mise en exploitation est autorisée, il est normal d'imposer des contraintes visant à réduire les impacts socio-économiques ou environnementaux. Généralement, les limitations ou les exigences supplémentaires en matière de protection proviennent de déficiences dans la conception ou de préoccupations exprimées lors des consultations publiques et des études techniques des propositions. Les exigences supplémentaires ne figurent pas toujours dans les règlements ou les normes ; cependant, le système d'approbation des permis peut s'adapter à chaque cas. Ainsi, la conception et les conditions techniques d'une mine ne peuvent être arrêtées qu'après l'évaluation gouvernementale et la consultation publique du processus d'évaluation, afin de tenir compte des changements imprévus qui pourraient survenir à cette occasion.

Il faut de plus en plus être à même de réviser les conditions liées au permis pendant la durée d'exploitation d'une mine, particulièrement en ce qui concerne la lutte contre la pollution de l'air et de l'eau. L'exploitation d'une mine dure souvent plusieurs décennies ; au cours de cette période, des conséquences graves imprévues ou encore des changements technologiques et économiques peuvent survenir, qui influeront sur les méthodes et la qualité de l'extraction ainsi que sur la lutte contre la pollution. Ce sont ces éléments imprévus qui ont soulevé l'inquiétude du public et augmenté les possibilités d'opposition à de nombreuses entreprises d'exploitation minière.

Pour toute nouvelle mine, qui implique l'utilisation du sol à long terme, il est obligatoire de procéder à un aménagement foncier simultané ou consécutif à l'exploitation. Ainsi, la remise en état des terrains miniers dépend largement de l'adoption de bonnes techniques de récupération et de restauration du sol. Les exigences à ce chapitre sont donc devenues une composante essentielle de la législation environnementale relative aux mines, spécialement en ce qui concerne la gestion des ressources et l'utilisation du sol à long terme. Toutefois, dans la pratique, ce n'est pas le cas de toutes les mines à cause de la relative nouveauté de ce genre de législation. La plupart des mines qui étaient exploitées avant l'application des mesures de contrôle de l'environnement et de l'obligation de remettre le sol en état après l'exploitation seront, le plus souvent,



Extraction à ciel ouvert du minerai de cuivre à la mine Craigmont, Merritt (C.-B.)
Photographie : George Hunter, fournie par : photothèque de l'ONF

soumises aux règlements en vigueur lors de leur fermeture. Ainsi, la régénération et la restauration devront être effectuées après coup, ce qui s'avérera peut-être très difficile, voire impossible, et il faudra peut-être en arriver à un compromis pour que toutes les exigences en matière de santé et de sécurité soient respectées. Certaines provinces peuvent ne pas exiger que la remise en état s'applique aux activités antérieures à l'adoption de la réglementation. Dans certains cas, la responsabilité des mines fermées ou abandonnées avant la législation incombe à la province. On ne peut pas toujours effectuer un aménagement foncier simultané ou consécutif à l'exploitation de toutes les mines. Par exemple, avec la plupart des gisements métallifères, peu de marques de la remise en état ou de l'utilisation finale du sol apparaîtront avant le stade postérieur à l'exploitation.

En vertu de certaines lois, certaines terres ne pourront être exploitées que si l'entreprise peut prouver qu'il est possible, même dans un proche avenir, de les remettre convenablement en état et de leur donner la vocation voulue par le gouvernement, après exploitation. Beaucoup d'études seront peut-être nécessaires avant l'octroi du permis. La durée et la portée du processus minier ont été considérablement modifiées. La remise en état du terrain devra être réussie et, selon la nature des difficultés survenues, un entretien et une surveillance à long terme pourront être exigés. La plupart des lois touchant le stade de l'exploitation limitent maintenant l'ampleur de la dégradation des terres et de la pollution à long terme, augmentent la sécurité dans les décharges et favorisent le passage à une nouvelle utilisation foncière après l'exploitation.

L'intérêt initial et plutôt exclusif, accordé aux effets directs de la pollution du milieu, et les mesures de lutte prises immédiatement, se sont graduellement étendus à une multitude de préoccupations environnementales, augmentant ainsi la complexité de l'industrie minière. Ainsi, on en est venu à conclure que la pollution est en quelque sorte un mauvais usage des ressources demandant une gestion plus stricte des ressources basée sur de sains principes écologiques. À mesure que les années 1970 avançaient, les préoccupations causées par l'épuisement rapide des ressources — en raison de pénuries réelles et de surconsommation — ont éveillé l'intérêt pour la conservation des ressources. La limitation de l'accès ou de l'utilisation de certaines ressources renouvelables et non renouvelables a pris de l'importance dans le processus d'aménagement. On ne peut plus traiter les problèmes d'environnement liés aux nouvelles entreprises d'exploitation des ressources sans tenir compte du milieu social et politique de notre société.

La pression de la crise énergétique de 1973 a braqué notre attention sur le besoin grandissant de régler les problèmes relatifs à l'exploitation et à la conservation des ressources, à la protection de l'environnement, et, finalement, à la concurrence pour les terres ainsi créée. Les débuts de notre développement économique, dominé par le commerce des ressources naturelles sont à l'origine de ce dilemme. Notre prospérité repose encore sur l'exploitation et l'exportation de ces ressources naturelles, renouvelables ou non, toutes dépendantes de la répartition et de la gestion des terres. Cette tradition a été coûteuse, en particulier par la détérioration du capital foncier, le manque de conservation et le manque d'attention à l'effet global que l'exploitation des ressources renouvelables et non renouvelables a eu sur l'environnement. La dernière décennie a montré que nos ressources foncières et minérales productives sont plus limitées que prévu.

L'industrie minière, principal agent de développement d'un secteur de nos ressources naturelles, s'est retrouvée dans une situation de plus en plus embrouillée depuis que, à tous les niveaux, le gouvernement adopte diverses méthodes, souvent diamétralement opposées pour résoudre, dans le domaine de l'environnement et de la mise en valeur des ressources, des problèmes liés à la gestion des terres. L'industrie se trouve sans cesse forcée de s'adapter, selon la province et l'année, à la division complexe des pouvoirs décisionnels répartis entre les trois paliers de gouvernement, dont les compétences se chevauchent souvent. D'autres complications peuvent survenir à un même niveau de gouvernement lorsqu'il existe, dans un ministère ou entre ministères, des objectifs opposés en matière d'utilisation et de gestion de la même parcelle de terrain.

L'industrie est de plus en plus préoccupée par le fait que la complexité croissante des règlements, des politiques et des directives élaborés pour protéger et conserver nos ressources ont occasionné un retard considérable non seulement dans l'exploitation des mines, mais aussi dans la mise en valeur des ressources. Cela soulève la question fondamentale des années 1980 : comment concilier le besoin d'une croissance économique continue avec le désir de préserver la qualité de l'environnement du capital foncier. Cela illustre la relation étroite qui existe entre l'exploitation et l'utilisation des ressources minérales et leurs conséquences sur l'environnement.

... « *L'environnement est intégré, et ses composantes sont enchaînées par des processus dynamiques. Ça*

ne peut en utiliser ni en modifier aucune partie sans en toucher d'autres. Quelque bénéfiques que puissent être les principaux résultats de nos activités pour atteindre nos objectifs, nos gestes entraînent forcément d'autres effets que les principaux effets recherchés. Ces effets imprévus ou additionnels peuvent ne pas être à notre avantage ; dans ce cas, nous avons le problème de maîtriser les conséquences environnementales de notre propre maîtrise de l'environnement. » (Roots, 1977).

Satisfaire les besoins de l'homme signifie essayer d'atteindre un équilibre délicat entre l'utilisation des ressources renouvelables et celle des ressources non renouvelables. Pour ce faire, il faudra prendre davantage de mesures en matière d'administration et de gestion des ressources qu'on n'en prend actuellement et ce, bien avant la réalisation de grands projets, afin de voir quels arrangements permettront de tirer les meilleurs avantages matériels ou régionaux. Dans le cas des nouvelles mines, il faudra mieux comprendre ce qu'est l'industrie minière et quelles sont certaines de ses caractéristiques propres, pour atteindre cet équilibre fragile. En même temps, les exploitants miniers devront se montrer plus compréhensifs et chercher davantage à atténuer les craintes — réelles ou non — que les chantiers miniers ont engendrées par le passé dans l'esprit du public.

BUT DE L'ÉTUDE

Cette étude a pour but d'analyser jusqu'à quel point l'opinion du public au sujet de l'industrie minière est valable et d'examiner la nature et l'étendue réelles de l'impact de cette industrie sur les ressources foncières.

Malgré les controverses, les débats, les études et les règlements environnementaux adoptés, on est encore très peu renseigné sur l'importance de l'impact de l'exploitation minière sur les terres. La quantification de l'utilisation foncière et des effets que l'activité minière a sur celle-ci a été oubliée ou négligée, sauf dans quelques études locales et ponctuelles. Généralement, on a relevé les faits les plus faciles à observer : les perturbations visibles que causent les décharges, les carrières et sablières et les bassins à résidus. Il n'existe pas d'études ou d'inventaires nationaux significatifs des sols endommagés ou affectés par tous les aspects de l'exploitation minière. Cette négligence a rendu difficile l'évaluation objective des conséquences relatives ou absolues de l'activité minière sur les terres. En particulier, elle laisse sans réponse plusieurs questions se rapportant à l'utilisation des ressources renouvelables et non renouvelables du Canada.

Le but précis de cette étude est de donner un aperçu des divers aspects fonciers de l'activité minière, notamment la nature et l'importance des processus de dégradation du sol attribuables à l'exploitation minière, leurs conséquences sur les ressources foncières voisines, les possibilités de conflits fonciers et les progrès réalisés dans le domaine de la remise en état visant à diminuer les effets des perturbations du sol.

Un but plus général est de favoriser l'entente entre les partisans du développement du secteur minier, de la protection de l'environnement et de la conservation des ressources. Cela sera de plus en plus nécessaire, étant donné le choix difficile que le Canada devra faire durant les années 1980, entre l'amélioration du cadre de vie, l'exploitation de ressources importantes en voie d'épuisement et le maintien d'une économie tellement dépendante de cette activité.

NATURE DE L'EXTRACTION MINIÈRE

CARACTÉRISTIQUES DES RESSOURCES MINÉRALES

Les ressources minérales, métallifères ou non, sont définies comme des accumulations ou des concentrations d'une ou plusieurs substances qui sont pour la majeure partie dispersées dans la croûte terrestre (Bateman, 1952). On ne saurait étudier la nature des activités minières sans commencer par une brève description de l'éventail et des caractéristiques générales des ressources minérales du Canada et de leur influence sur les diverses étapes de l'extraction minière (tableau 1).

MINÉRAUX MÉTALLIFÈRES

Les gîtes métallifères sont des concentrations de métaux anciennement diffus et qui se sont le plus souvent liés chimiquement à d'autres éléments pour former du minéral métallifère. Ce minéral est mêlé à des minéraux non métallifères ou à de la matière rocheuse appelée « gangue » et l'on peut en tirer profit en extrayant un ou plusieurs métaux. Très rares sont les gisements monominéraux (par ex. l'or, le gypse, l'argent) qui peuvent être exploités directement. Huit éléments non précieux, la silice, le potassium, le sodium, le calcium, l'oxygène, l'aluminium, le fer et le magnésium constituent plus de 98 p. cent de l'écorce terrestre. De tous ces éléments, seuls l'aluminium, le fer et le magnésium ont une valeur commerciale, mais les concentrations rentables sont rares (figure 1). Les métaux principaux comme le cuivre, le plomb, le zinc et le molybdène constituent moins de 0,33 p. cent de l'écorce terrestre.

Les minéraux métallifères se trouvent sous forme de métaux natifs, comme l'or, ou sous forme de combinaisons de métaux avec du soufre, de l'oxygène, du silicium ou autres éléments. Plusieurs types de minéraux métallifères différents peuvent être la source d'un même métal. Par exemple, on peut extraire le cuivre de minéraux métallifères comme la chalcopyrite, la chalcocite, la cuprite et la malachite ; en effet, un même gisement peut contenir un ou plusieurs de ces composés. De plus, un même gisement minéral peut contenir plusieurs métaux ; par exemple, à la mine Lornex en Colombie-Britannique, on extrait du cuivre, du molybdène et de l'argent.

Les matériaux non métallifères de la gangue sont généralement rejetés lors du traitement. Cependant, certains genres de gangue peuvent contenir des minéraux métalliques comme la pyrrhotite ou la pyrite (deux formes de sulfure de fer) que l'on n'utilise généralement pas[1]. Les minéraux de gangue les plus répandus sont les oxydes (quartz), les carbonates, les sulfates et les silicates. Certains stériles ont été utilisés dans l'industrie de la construction comme constituants de l'asphalte et du béton ou à d'autres fins industrielles. Cependant, il sera peut-être bientôt plus économique d'utiliser les stériles pour produire d'autres articles de valeur commerciale comme les briques, les fertilisants, les additifs, les matériaux de remblayage et les produits chimiques (Collings, 1975).

La décision finale d'exploiter une mine se fonde sur la quantité et le prix des métaux contenus dans le gisement ainsi que sur le coût de l'extraction, du traitement, du transport et de la mise en marché du produit final. Cependant, ces facteurs dépendent à leur tour en partie de l'emplacement géographique et de la quantité ainsi que de la qualité du minerai. Ainsi, une mine contenant du minerai riche en fer située sur une île de l'Arctique ne serait pas compétitive en raison du coût élevé de l'extraction et du transport tandis qu'un important gisement à faible teneur en cuivre mais situé dans une région minière établie pourrait bien devenir opérationnel. L'exploitation d'autres réserves minérales connues mais non rentables actuellement devra attendre de nouvelles découvertes dans le domaine des techniques d'extraction, de broyage et de fusion pour devenir rentable.

Dans bien des cas, la valeur d'un minerai dépend des métaux associés qui sont présents en petites quantités. Souvent, les gisements de cuivre, de plomb et de zinc ne seraient pas rentables sans la présence de faibles quantités d'or et d'argent. Au Canada, les minerais qui contiennent généralement deux ou trois métaux sont les minerais d'or, d'argent,

[1] Dans certaines mines, on entasse séparément les stériles de pyrrhotite en vue de l'extraction éventuelle du fer qu'ils contiennent.

Extraction par abattage dans une mine d'or souterraine
Photographie de George Hunter, fournie par la photothèque de l'ONF

de cuivre, de plomb, de zinc, de nickel, de cobalt, d'antimoine et de manganèse. De plus, l'argent est souvent associé à l'or, et l'or est extrait en tant que sous-produit de nombreux autres minerais. Certains minerais polymétalliques donnent quatre métaux et même plus comme les complexes zinc-cuivre-argent-plomb-or ou nickel-cuivre-or-argent-platine-cobalt-sélénium-tellure-fer. Un grand nombre des métaux secondaires ne sont pas récupérés lors de l'extraction ou de l'enrichissement mais plutôt au cours des procédés ultérieurs de fonte et d'affinage.

Le rapport initial entre les minéraux métallifères et la gangue est donc important et, bien qu'il varie considérablement, la gangue domine dans la majorité

Tableau 1
Principaux systèmes minéraux et principaux minéraux, au Canada

Systèmes minéraux	Production pour consommation intérieure et exportation en grandes quantités	Production pour consommation intérieure principalement et exportation en moindres quantités	Sous-produits
Métalliques			
ferreux	minerai de fer	métaux de fer et d'acier, ferro-alliages (notamment niobium, molybdène et nickel)	laine minérale fer fondu
non ferreux	minerais et métaux de : cuivre niobium plomb molybdène nickel zinc métal d'aluminium et minerais aurifères	minerais et métaux de : magnésium césium mercure (irrégulier) tungstène niobium (colombium) *mines individuelles d'or, d'argent et de cobalt comprises ici	or* cadmium argent* sélénium platine* tellure cobalt* antimoine étain bismuth
Non métalliques			
matières industrielles	minerais d'amiante, bioxyde de titane	sel mica talc barytine néphéline quartz	souffre (gaz naturel et gaz de fonderie)
matériaux de construction		minerais et produits de : agrégats (sable, gravier et pierre) argiles ciment chaux gypse	
fertilisants	potasse	fertilisants mixtes : produits chimiques à base de phosphore chaux et calcaire terre à sphaigne	azote et soufre provenant du traitement du gaz naturel sels en résultant
Énergétiques	uranium	pétrole (sables bitumineux) charbon	soufre coke

Source : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1976

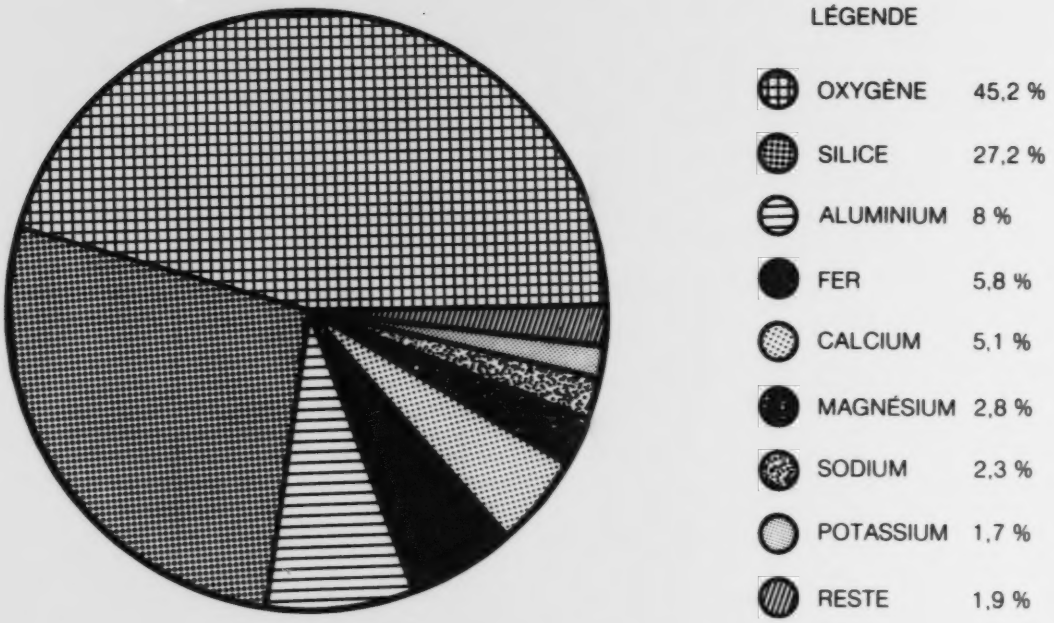


FIGURE 1. Composition chimique de l'écorce terrestre

des cas. La teneur métallique d'un minerai est exprimée en pourcentage ou, dans le cas des métaux précieux, en grammes/tonnes.

Plus le prix d'un métal est élevé, moins la teneur en métal doit être forte pour être rentable. Le minerai de fer doit généralement avoir une teneur de 30 à 60 p. cent en fer, tandis que le molybdène exige une teneur de seulement 0,5 à 3 p. cent et l'or moins de 1/1000 p. cent (0,3 oz/tonne). La limite inférieure est fixée par la conjoncture économique et varie en fonction de la nature et de l'importance du gisement, de son emplacement, du prix du métal et du coût de l'extraction. Étant donné les grandes quantités de matériaux sans valeur que contient la gangue des minéraux métallifères, ces derniers sont enrichis à la mine, c'est-à-dire que le minerai est séparé de la gangue et concentré, puis les stériles sont rejetés. Il faut souvent traiter 5 à 30 tonnes de minerai pour obtenir une seule tonne de concentré contenant en majeure partie le métal désiré.

MINÉRAUX NON MÉTALLIFÈRES

Dans le cas des minéraux non métallifères, le terme « minerai » ne convient généralement pas et il faut plutôt utiliser le nom de la matière elle-même, par exemple le charbon, le sel ou l'amiante. Les matières indésirables dans les mines de minéraux non métallifères sont appelées « déchets » plutôt que « gangue ». Les matières non métalliques sont plus fréquentes et plus répandues ; leur prix est donc généralement inférieur à celui des métaux. À quelques exceptions près, les gemmes ou l'amiante par exemple, les gisements sont composés uniquement ou presque du minéral désiré, avec très peu de déchets. Cependant, d'importantes quantités de morts-terrains doivent souvent être enlevées avant de pouvoir extraire le minéral, comme dans le cas des mines de charbon à ciel ouvert.

Les minéraux non métallifères comprennent une grande variété de substances utilisées en quantités considérables (voir tableau 1), notamment des matériaux industriels (amiante, sel, mica et quartz) ; des matériaux de construction (sable, gravier, pierre concassée, argile, gypse et chaux pour le ciment), et des fertilisants (tourbe et potasse).

Après l'extraction, le traitement ultérieur se limite généralement à l'enrichissement par concentration mécanique, flottation ou lavage (figure 2). Les matières non métalliques ne nécessitent généralement ni fusion ni affinage ; par conséquent, à l'inverse des minéraux métalliques, la proportion de la gangue n'est pas aussi importante pour la rentabilité d'un gisement. Le prix obtenu sur le marché, et donc la rentabilité des gisements non métalliques, dépendent non seulement des propriétés physiques et chimiques du minéral mais, bien plus encore, de l'emplacement

de ces gisements et de la distance à laquelle ils se trouvent par rapport aux marchés. Cela est particulièrement vrai dans le cas des matériaux très encombrants et très lourds de moindre valeur comme le sable, le gravier, la pierre concassée ou la chaux pour lesquels le coût du transport joue un rôle primordial dans la concurrence.

L'EXPLOITATION

La plupart des mines donnent lieu à une séquence d'événements qui se subdivisent généralement en trois grandes étapes (le stade préalable à la production, la production et l'après-production) comprenant chacune des phases et des activités relativement distinctes. Les principales phases de chaque étape de l'exploitation ont été généralisées (voir figure 2) pour s'adapter à la plupart des situations minières[2].

[2] L'annexe 1 donne une liste plus complète des diverses activités que comporte chaque phase de l'exploitation d'une mine. Cette annexe contient toutes les opérations qui ont normalement un effet sur les terres situées aux alentours immédiats du site de la mine. Il est évident que certaines opérations se répètent constamment jusqu'à épuisement de la mine.

En fait, le nombre de phases nécessaires pour chaque mine est dicté par la nature du minerai et la forme du produit final désiré. Étant donné les différences entre les gisements, il n'y a pas deux mines pareilles ; leur production, leur disposition, les méthodes d'extraction et de traitement du minerai et les possibilités d'expansion varient donc considérablement. Ainsi, un minerai de cuivre doit être extrait, broyé, fondu et affiné pour obtenir le cuivre métallique de première qualité désiré, tandis que le charbon et l'amiante ne requièrent que l'extraction et un certain traitement (broyage, nettoyage et triage).

ÉTAPE PRÉPARATOIRE

C'est l'étape la plus coûteuse en ce qui concerne les dépenses en capital. On compte généralement cinq à huit ans selon le type, l'importance et l'emplacement du gisement pour qu'une mine atteigne l'étape de la production. Cependant, la phase d'exploration est un processus continu qui n'est pas vraiment limité dans le temps. Même après qu'un gisement a été découvert et exploité, les travaux exploratoires se poursuivent. En toutes saisons, de nombreuses compagnies effectuent des travaux d'exploration au Canada. En 1979, environ 500 compagnies étaient engagées dans

Sondage au diamant dans une mine de cuivre à ciel ouvert, Murdochville (Qué.)
Photographie de Jean-Paul Bernier, fournie par la photothèque de l'ONF

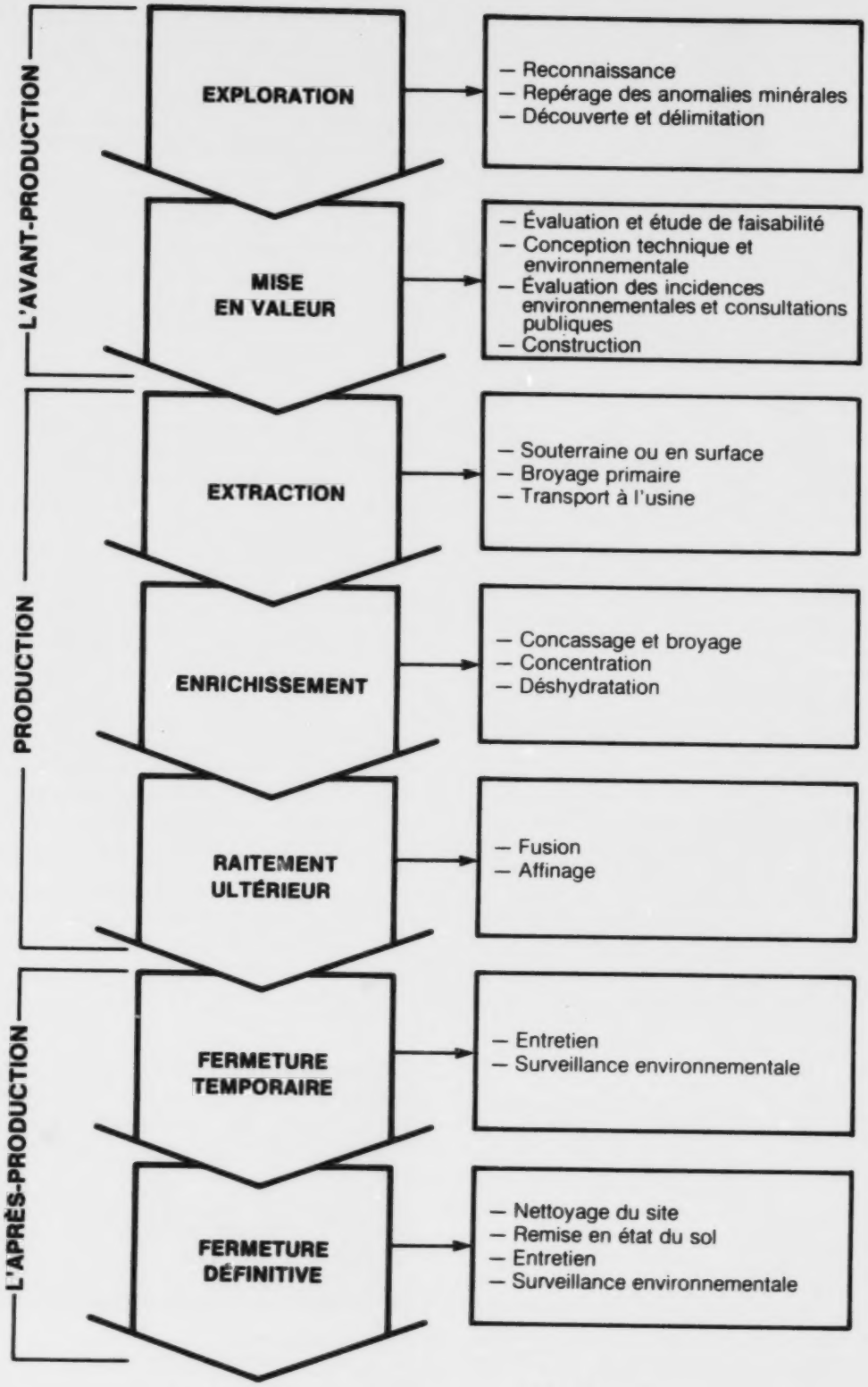
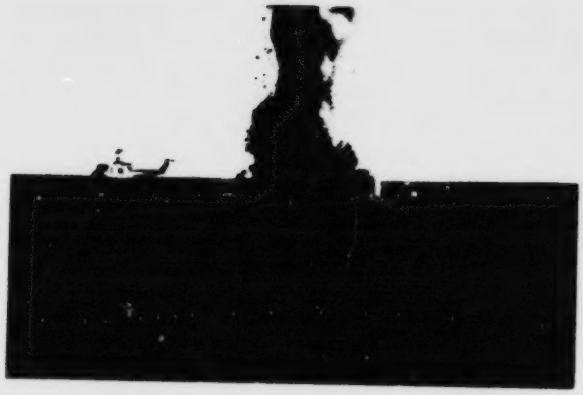


FIGURE 2. Principales étapes de l'extraction minière



Exploration sismique dans les Territoires du Nord-Ouest

l'exploration active au Canada, sans compter l'exploration pétrolière et gazière (Laughlin, 1980). Bien qu'important, ce chiffre constitue une baisse par rapport à 1969 où le nombre de compagnies s'élevait à 750. Ce sont les petites entreprises qui ont le plus diminué en nombre.

C'est à cette étape que l'on évalue les possibilités techniques de l'extraction minière ainsi que les coûts probables de l'extraction, de l'enrichissement et du traitement. C'est à ce moment-là aussi que l'on décide d'exploiter ou non le gisement et de s'engager, le cas échéant, à respecter des mesures de préservation de l'environnement et de revalorisation, au cours de l'exploitation et après qu'elle aura pris fin. Les mesures pour la préservation de l'environnement font partie intégrante du coût de production et, comme tous les autres facteurs de coût, elles peuvent influer sur les futurs coûts de production si des changements sont apportés en cours de route. Cela s'applique principalement à la lutte contre la pollution de l'air et de l'eau. Dans l'extraction minière, les phases d'exploration et de développement sont les principaux éléments de l'étape préparatoire.

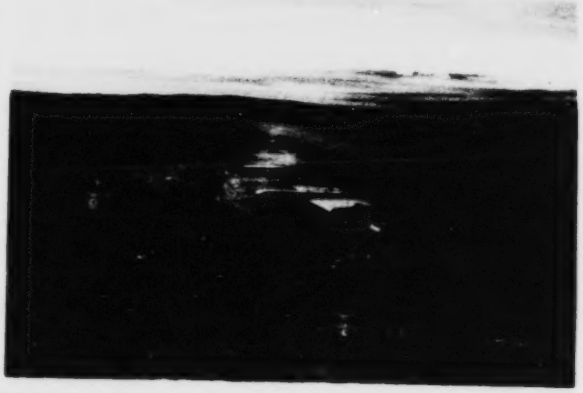
Exploration

L'objectif principal de la phase d'exploration est de trouver des conditions géologiques, géophysiques ou géochimiques qui diffèrent de celles du voisinage. La différence par rapport à la « norme » est appelée une « anomalie », mais la présence de cette anomalie ne garantit pas la présence d'un gisement. Par conséquent, les anomalies sont étudiées de façon plus approfondie au moyen d'une grande variété de méthodes scientifiques comprenant des techniques géologiques, géophysiques et géochimiques. De 1970 à 1977, les techniques d'exploration qui ont permis de faire les principales découvertes sont : la géophysique, 54 p. cent ; la déduction géologique, 24 p. cent ; la prospection, 18 p. cent ; et la géochimie, 4 p. cent (Laughlin, 1980). L'exploration coûte cher et plus elle se fait dans des régions reculées, plus les coûts augmentent. On a souvent comparé cette activité à la recherche d'« une aiguille dans une botte de foin ». Par exemple, sur les 10 000 gisements connus en Colombie-Britannique, moins de 100 ont été exploités (Gunn, 1979). Toutefois, il convient maintenant de faire la distinction entre, d'une part, les relevés géologiques primaires et continus et les programmes de cartographie entrepris par des organismes fédéraux et provinciaux et, d'autre part, les études précises de coûts et de marchés que mènent des exploitants miniers en vue de trouver un gisement rentable. Dans la pratique, ces deux genres de recherche se recoupent puisque les relevés géologiques gouvernementaux peuvent révéler certaines anomalies et que les compagnies minières privées peuvent utiliser ces données avant d'entreprendre les activités très onéreuses d'exploration ultérieure, de forage sélectif et d'essais.

La phase d'exploration suit généralement le processus suivant (Annis et coll., 1976) :

1° *Reconnaissance* : Recherche initiale en vue de déterminer les anomalies régionales par une reconnaissance géologique, géophysique, géochimique ou photo-géologique de la région. On commence généralement par mesurer les champs magnétiques et la résistance aux courants électifs, du haut des airs, à l'aide de techniques géophysiques.

2° *Emplacement des anomalies locales*. Contrôle subséquent à l'aide de techniques d'exploration au sol (une combinaison



Camp de prospection
Photographies : Ted Grant, fournies par : photothèque de l'ONF

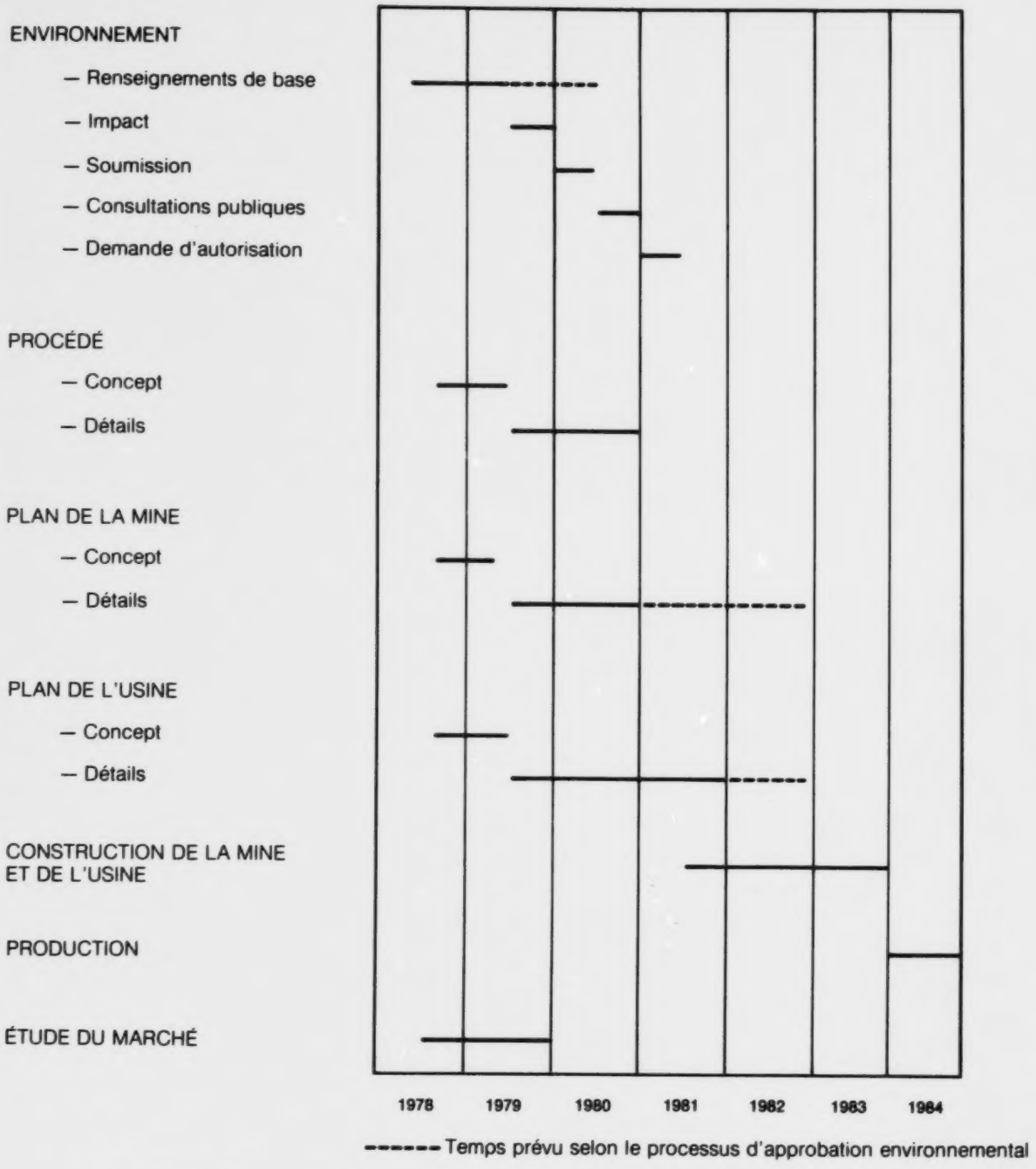


FIGURE 3. Calendrier de mise en valeur d'une mine (Esso Minerals Canada : gisement du Midwest, Saskatchewan)

Source : Fish, 1979

d'échantillonages géochimiques et géologiques et de relevés géophysiques par quadrillage) dans les zones de prospection définies à l'étape précédente (1°). Cette exploration est généralement faite pour deux raisons (Royaume-Uni, 1972) :

a) Elle peut être une simple extension du relevé initial pour révéler les caractéristiques et les structures fondamentales lorsqu'il manque des données de base ; ou

b) Elle peut être entreprise dans le but de prouver l'existence d'une zone précise de minéralisation.

3° *Découverte et délimitation*. Par des études géologiques détaillées, excavation, creusage de tranchées et de galeries d'accès ou forage d'essai au diamant de l'anomalie locale. Si un trou de forage s'avère prometteur (bien minéralisé), un programme de forage plus poussé est planifié pour définir les limites de la zone minéralisée afin d'obtenir une image tridimensionnelle précise du gisement.

Au cours de la phase d'exploration, les activités comme la construction de routes d'accès, de tranchées d'exploration, de galeries d'accès, de puits et de plates-formes de forage sont les plus nuisibles en ce qui a trait au bruit causé et aux perturbations apportées à la surface du sol et au réseau local d'écoulement des eaux de pluie.

De plus, le quadrillage géophysique sur des milliers de kilomètres a un effet cumulatif considérable par l'érosion, la sédimentation et la perturbation de la faune qu'il provoque, particulièrement dans les régions où le milieu est très sensible comme dans la toundra. Cependant, une bonne planification et une utilisation accrue d'équipement spécialisé et d'hélicoptères permettraient de minimiser les dommages. Les nouveaux règlements et les nouvelles directives visant à réduire l'échelle des activités opérationnelles et à obliger la remise en état du terrain permettent encore mieux de réduire les effets de l'exploration sur l'environnement.

Mise en valeur

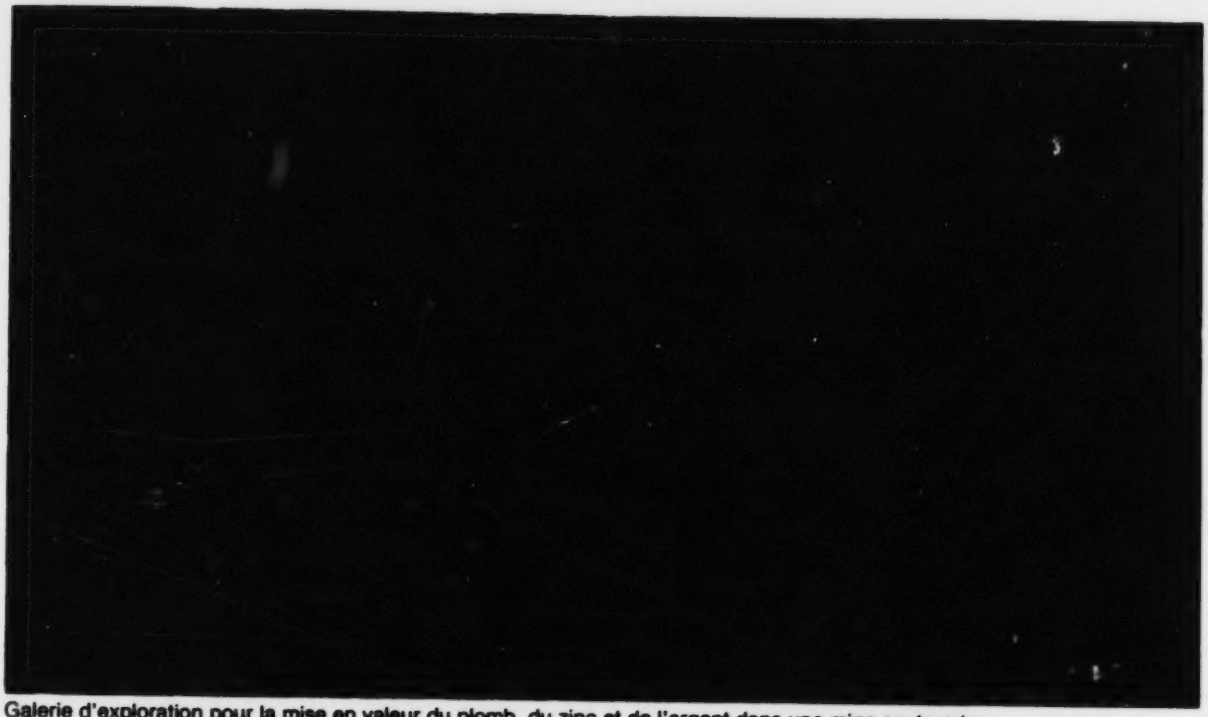
L'exploration et la découverte ne sont que les préliminaires du long processus de développement d'une mine. La découverte d'un gîte est suivie d'analyses géologiques et d'études détaillées afin de connaître :

- La taille et la valeur du gîte (qualité, teneur moyenne et tonnage du minerai) ;
- La meilleure méthode d'extraction et de traitement du minerai ;
- Le temps nécessaire pour se préparer à la production ;
- Le rythme de production idéal ; et
- La durée de vie de la mine en fonction du rythme de production (sujette aux difficultés imprévues).

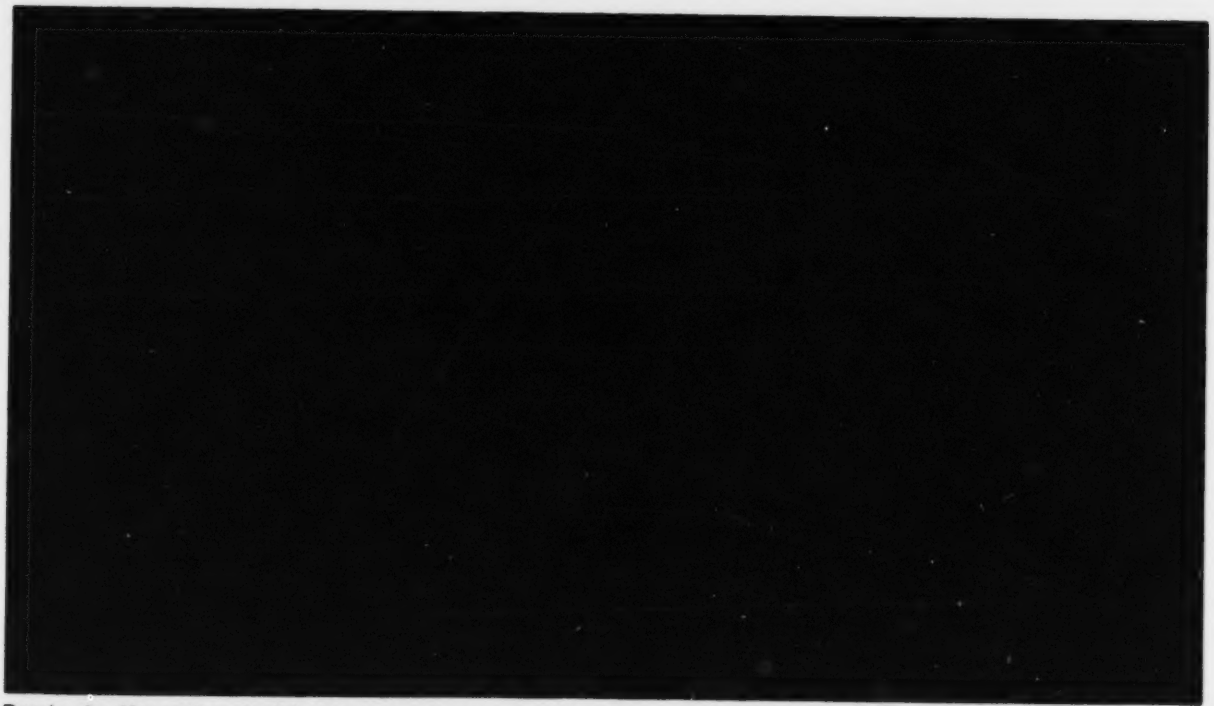
Bien qu'une mine puisse être développée jusqu'à l'étape où la production peut commencer, des travaux exploratoires ultérieurs seront entrepris sur les gisements originaux et les terrains adjacents. On ne connaît jamais vraiment l'étendue ou les réserves possibles d'un gisement de minerai, même lorsqu'on a acquis la certitude qu'il sera rentable. En plus de ces activités, il faut voir à obtenir tous les titres de propriété, au financement, à trouver des marchés, aménager des moyens de transport, d'hébergement et de service, et envisager les mesures de protection de l'environnement.

L'exemple de la nouvelle mine d'uranium de Midwest Lake dans le nord de la Saskatchewan illustre bien le temps nécessaire au développement (Fish, 1979). La présence d'uranium fut détectée en 1969 par des équipes d'exploration qui avaient localisé une traînée de petits cailloux de grès contenant de l'uranium dans des débris glaciaires ; il a fallu 8 ans et demi pour trouver leur source. Ces recherches ont nécessité dix levés géochimiques et géophysiques ainsi que quatre programmes de forage au diamant totalisant 128 trous. Le forage n'a d'abord permis de découvrir en 1977 qu'une minéralisation à faible teneur en uranium et les travaux ont continué afin de mieux délimiter le gisement. En 1978, les réserves de minerai étaient évaluées à 97 millions de tonnes de U_3O_8 à raison de 68 livres par tonne dont la totalité était considérée exploitable. Le minerai contient également du nickel, du cobalt et de l'argent. Selon un calendrier de mise en valeur du gisement Midwest présenté par la section des mines de Esso Canada (figure 3), la construction de la mine et de l'usine est prévue pour le début de 1981 et la production devrait commencer en 1984. Les détails relatifs aux exigences environnementales et le temps qu'il faudra approximativement sont également indiqués ainsi que le chevauchement avec l'étape de conception.

La phase de développement d'une mine peut généralement être subdivisée en quatre principaux secteurs d'activités : évaluation et études de



Galerie d'exploration pour la mise en valeur du plomb, du zinc et de l'argent dans une mine souterraine.
Travaux d'exploration conduits par la Cadillac Explorations Ltd., à Prairie Creek (Territoires du Nord-Ouest)



Bassin de décantation doublé de plastique pour recueillir l'eau pompée lors des travaux d'exploration dans une mine souterraine (Mine Amok, Sask.)
Photographies : W.B. Blakeman, Environnement Canada

faisabilité ; études techniques et environnementales ; évaluation des incidences environnementales et consultations publiques ; et construction. Toutes ces étapes se chevauchent et dépendent les unes des autres.

La séquence des événements liés au développement d'un gisement est la suivante (Annis et coll., 1976).

1° Évaluation des réserves possibles par forages de contrôle des gisements découverts et évaluation préliminaire des techniques minières et métallurgiques applicables.

2° Exploration souterraine et échantillonnage pour confirmer l'évaluation préliminaire des réserves, détermination des conditions optimales d'extraction par étude de modèles et essai sur des échantillons volumineux.

3° Évaluation économique et évaluation du marché ; étude des investissements nécessaires et de la demande actuelle du marché en métaux ou minéraux. Cela comprend également l'évaluation du financement nécessaire.

4° La décision de développer la mine et d'entreprendre la production suit généralement une évaluation positive des conditions économiques et du marché.

5° Construction du complexe mine-usine et des installations connexes.

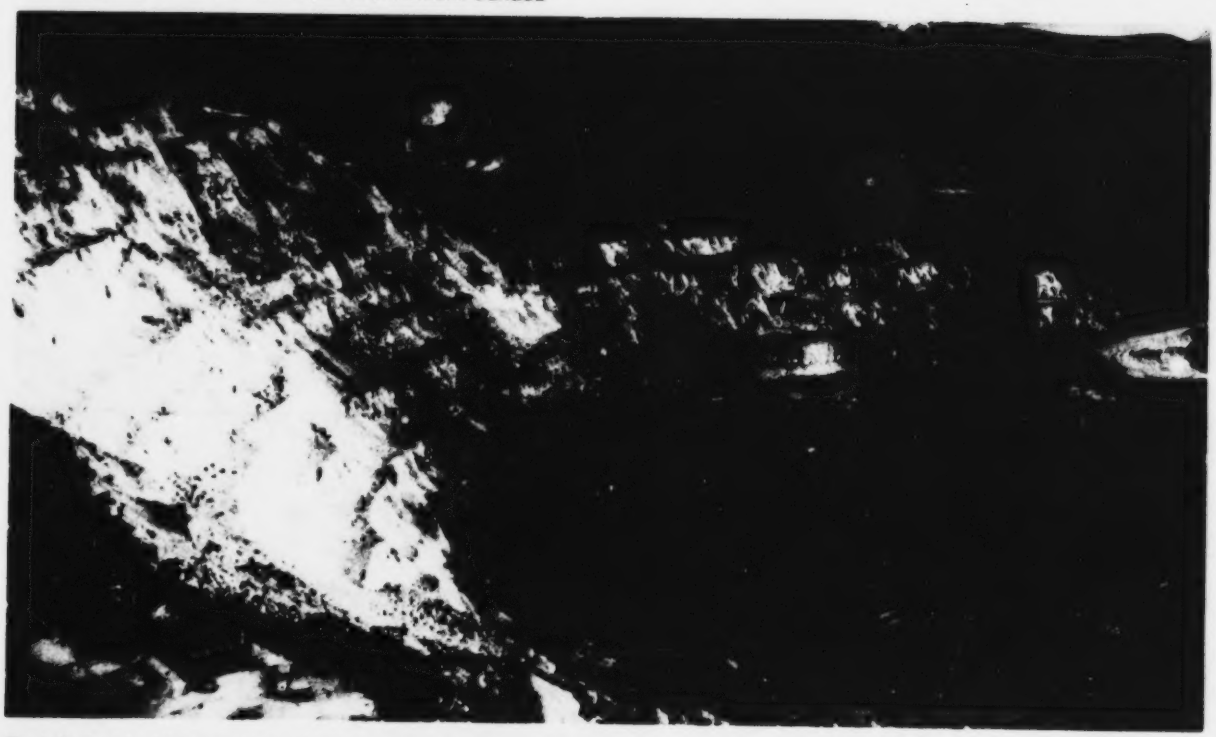
La conception technique de la mine, de l'usine et des installations de protection de l'environnement prévues peut entrer très tôt dans le processus de développement, mais voici plusieurs facteurs qui influent sur l'apparence finale du site de la mine :

- Limitations imposées par les caractéristiques physiques du site ;
- Caractéristiques physico-chimiques des minéraux désirés pour déterminer le type de mine et d'usine, le genre d'opérations nécessaires ;
- Problème d'élimination des déchets ;
- Contrôle des émissions de particules ;
- Choix des modes de transport externes et internes ; et
- Services essentiels hors du site (électricité, eau, hébergement, etc).

La nature physique du minerai et de la roche encaissante ainsi que la forme et la structure du gîte déterminent la méthode d'extraction à utiliser et permettent de prévoir les problèmes de drainage qui pourraient surgir. La minéralogie et la chimie du minerai et de la roche encaissante déterminent les procédés d'enrichissement (pulvérisation et concentration). Enfin, les conditions du milieu, c'est-à-dire la topographie, le drainage, la quantité et la qualité de l'eau et le climat, imposent des contraintes à la disposition générale de la mine et influent sur les procédés techniques et mécaniques ainsi que sur les modes de transport et l'équipement utilisés.

La conception des installations d'élimination des déchets et des équipements contre la pollution atmosphérique est très importante en ce qui a trait à la superficie de terrain nécessaire et aux effets que pourrait avoir la disposition finale de la mine sur les utilisations des terres adjacentes. L'élimination des déchets solides demeure un des principaux problèmes de la conception d'une mine. Il est rarement possible d'utiliser les immenses quantités de stériles (couverture meuble, débris de roche, stériles, laitier, boues, etc.) produits au cours de l'extraction minière. Les sites d'entreposage des stériles doivent non seulement être peu coûteux mais également perturber le moins possible les utilisations actuelles des terres ainsi que l'écologie de la région. Les problèmes d'élimination des déchets les plus difficiles à résoudre sont ceux associés aux stériles des gisements métallifères après traitement du minerai. Dans bien des cas, ces déchets doivent être manutentionnés avec prudence en raison de la présence de minéraux sulfurés et de métaux lourds, et parce qu'ils risquent de contaminer les réseaux d'eaux souterraines et de surface. Par exemple, la majorité des gisements métallifères canadiens en exploitation contiennent des minerais à base de sulfure qui ont tendance à s'oxyder en présence d'air, d'eau et de certaines bactéries anaérobies. Lorsque les stériles ne contiennent pas suffisamment d'agents tampons, comme des carbonates, pour neutraliser les solutions acides, il arrive que, pendant le processus d'oxydation des sulfures, particulièrement la pyrrhotite et la pyrite, des solutions d'acide sulfurique se forment, permettant aux métaux lourds présents comme le cuivre, le plomb, le zinc et le cadmium de se dissoudre et d'être transportés hors des terrils par les eaux de lessivage. La lixiviation des ions de métaux lourds provenant des déchets de minéraux est un procédé naturel qui peut entraîner l'absorption d'éléments toxiques par divers organismes vivants. Donc, les installations d'élimination des stériles doivent être conçues de façon à assurer que les

Exploitation du charbon en découverte, avec dragline
Photographie : W.B. Blakeman, Environnement Canada



Exploitation à ciel ouvert à la mine Cypress-Anvil Faro (Yukon)
Photographie : George Hunter, fournie par : photothèque de l'ONF

substances toxiques et autres substances dangereuses produites sont bien contenues et traitées efficacement (neutralisées) sur le site même de la mine. Il faut aussi voir quelles mesures peuvent être prises pour éviter que les déchets entraînés par le vent soient cause de nuisance et que les sols et les cours d'eau avoisinants ne soient pas contaminés. S'il est question de stériles à base d'uranium, il faut également prendre en considération la présence de radon et de particules radioactives.

Le facteur clé du succès de ces procédés de retenue est l'application d'un programme de surveillance permanente, aussi bien durant l'exploitation qu'après la cessation de l'activité minière, ce qui ne fut pas toujours fait par le passé. Dans ce cas, le facteur temps est le plus important,

Tableau 2
Type et nombre de mines en exploitation au Canada

PROVINCE/ TERRITOIRE	CHARBON		MÉTAL				MINÉRAUX INDUSTRIELS				CHAUX
	S	Su	S	S/CO	CO[a]	A	S	S/CO	CO[b]	Su[c]	CO
Terre-Neuve			2	1	2		1		6		
Nouvelle-Écosse	6						2		9	1	
Nouveau-Brunswick		1	4		1				3		1
Québec			28		9		2	2	23		3
Ontario			44	1	14		5		16	2	7
Manitoba			12		2				6		1
Saskatchewan		5	2		1		9		8	2	
Alberta	4	9							7	1	2
Colombie-Britannique	1	3	13		13	1			7	1	1
Yukon	1		3		1	51			2		
Territoires du Nord-Ouest			7	1	1						
TOTAL	12	18	115	3	44	52	19	2	87	7	15

S — Souterraine
Su — Surface
CO — À ciel ouvert
S/CO — Souterraine et à ciel ouvert
A — Alluvionnaire

a — De toutes les mines de minerais métallifères exploitées à ciel ouvert, 13 produisent du fer et 20, du cuivre, du zinc, du nickel et du plomb.

b — 13 des mines de minéraux industriels à ciel ouvert produisent de l'amiante.

c — 5 des mines de surface de minéraux industriels produisent du sel.

Source : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1977 et 1979a

puisque ce n'est pas la quantité totale de matières solides en suspension et de métaux lourds rejetés dans l'atmosphère et dans l'eau par la mine qui prime mais plutôt la teneur de ces éléments qui s'accumulent au-delà du site de la mine à l'échelle locale et même régionale. Puisqu'il n'y a pas deux mines ou deux milieux identiques, il faut savoir en quoi les activités d'exploitation minière et d'élimination des déchets changent ou modifient le milieu original à l'échelle locale et régionale. Il faut donc recueillir de très nombreuses données pour pouvoir comparer l'effet des opérations sur l'environnement durant et après la production.

Outre la superficie occupée et touchée directement par les stériles, la répartition spatiale des installations de transport joue un rôle important dans la forme éventuelle du site de la mine. Bien que des facteurs économiques et opérationnels déterminent le plus souvent les voies et les modes de transport, il faut chercher à réduire autant que possible les perturbations du milieu et la dispersion des déchets. Rares sont les moyens qui peuvent rivaliser du point de vue coût avec le transport par camions sur de courtes distances, mais l'utilisation de longues routes ou même de pipelines pour le transport des stériles jusqu'à des étangs et des bassins de décantation peuvent isoler davantage et neutraliser des terrains relativement intacts. Le fait d'exposer le sol à des polluants éventuels transportés par l'air et par l'eau en augmente le risque de dégradation.

L'influence des évaluations des incidences environnementales et des consultations publiques sur la conception et la disposition de la mine ont déjà été étudiées dans l'avant-propos. Mais, du point de vue du temps, tout le processus allant de la collecte des données de base sur l'environnement jusqu'à l'approbation finale du développement de la mine demande environ deux à trois ans (voir figure 3). C'est dire que la décision relative à la conception détaillée de la mine et de l'usine doit attendre l'approbation finale. La construction même de la mine et de ses installations ne peut commencer qu'à ce moment-là.

C'est au cours de l'étape préparatoire qu'il y a le plus de déplacements d'équipement, de perturbations, de poussières et de bruit (voir annexe 1).

ÉTAPE DE LA PRODUCTION

Au cours de l'étape de production, la mine fonctionne généralement comme prévu, sous réserves de modifications entraînées par des changements dans la qualité, la quantité, la nature physique du minerai, la technologie, la gestion ou les conditions du marché (Roots, 1977). Cette étape comprend les phases d'extraction, d'enrichissement et d'affinage ; ces trois phases ne sont pas forcément nécessaires. Dans le cadre de la phase d'extraction, le tri, l'enlèvement du minerai, le broyage primaire ainsi que l'enlèvement et l'élimination de la couverture et des stériles se font à la mine. Au cours de l'enrichissement, le minerai est broyé et concentré à l'usine où une grande partie de la gangue est séparée du minerai et constitue les stériles. L'usine se trouve généralement près de la mine, principalement parce qu'il n'est pas rentable de transporter sur de longues distances de grandes quantités de matières de faible valeur unitaire. Les

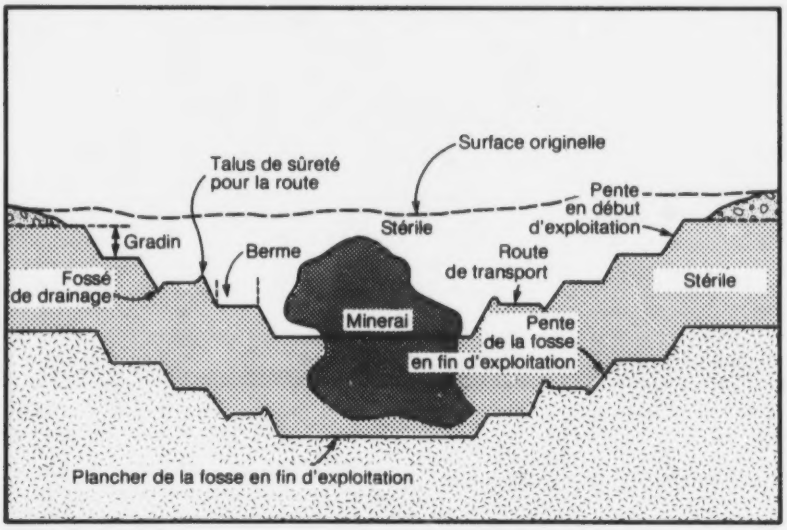


FIGURE 4. Coupe d'une mine à ciel ouvert typique

minéraux désirés contenus dans des minerais complexes sont séparés les uns des autres à l'usine avant la fusion. Les minéraux et les métaux peuvent subir un traitement ultérieur (fusion et affinage) hors de la mine, pour extraire l'élément ou le composé final désiré. Un grand nombre de minerais monométalliques riches peuvent être acheminés directement à la fonderie mais cette pratique n'est pas rentable pour les minerais monométalliques à teneur faible ou moyenne. Les minerais polymétalliques, même riches, doivent être broyés (concentrés) afin de séparer les minéraux désirés.

C'est au cours de l'étape de production que les problèmes environnementaux surgissent. Bien que la plupart des effets sur le sol soient immédiatement visibles, ceux qui sont causés par des changements dans la qualité de l'air et de l'eau sont plus subtils et plus complexes et ils touchent des régions plus éloignées. Il a donc fallu que les gouvernements provinciaux et le gouvernement fédéral adoptent des règlements pour la protection de l'environnement visant principalement la lutte contre la pollution causée par les émissions gazeuses et les particules en suspension dans l'air ainsi que les effluents liquides pendant toute la durée d'une exploitation minière.

Extraction

Les techniques minières utilisées pour extraire les minéraux se divisent en deux grandes catégories (en surface et souterraine), et ce sont les conditions géologiques et topographiques d'un site donné qui dictent la technique à utiliser. On trouve trois grands types de gisements minéraux : les gisements massifs ou filoniens dont la taille, la forme et l'inclinaison varient considérablement et qui renferment des minéraux métalliques ; d'épais gisements sédimentaires uniformément encaissés, plus souvent horizontaux ou en pente douce que verticaux (le charbon et la potasse par exemple) ; et enfin, les gisements meubles de sable et de gravier fluviaux ou fluvio-glaciaires (les agrégats minéraux, l'or alluvionnaire et l'étain par exemple).

Pour ce qui est de l'importance relative accordée à ces méthodes, disons qu'environ 66 p. cent du tonnage total de minerai extrait au Canada en 1970, à l'exception des minéraux industriels, l'ont été par des techniques en surface, comparativement à 15 p. cent en 1950 (Dubnie, 1972). En 1974, ce pourcentage était passé à 79 p. cent dans le cas des minéraux métallifères seuls et à 86 p. cent pour les mines de charbon (Welwood,

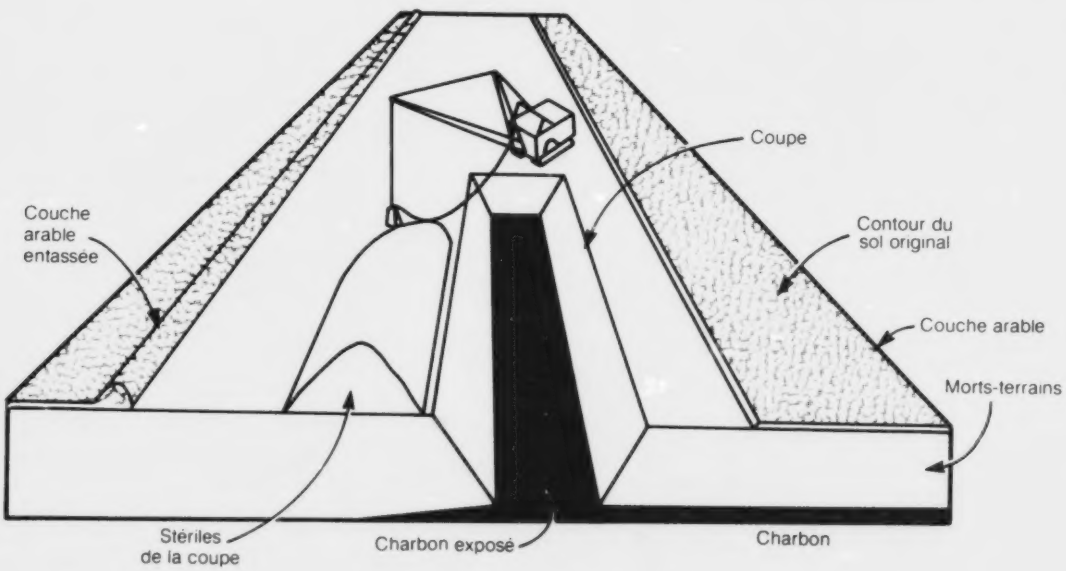


FIGURE 5. Coupe d'une exploitation d'un gisement de charbon en découverte

Source : Commission mixte internationale, 1979

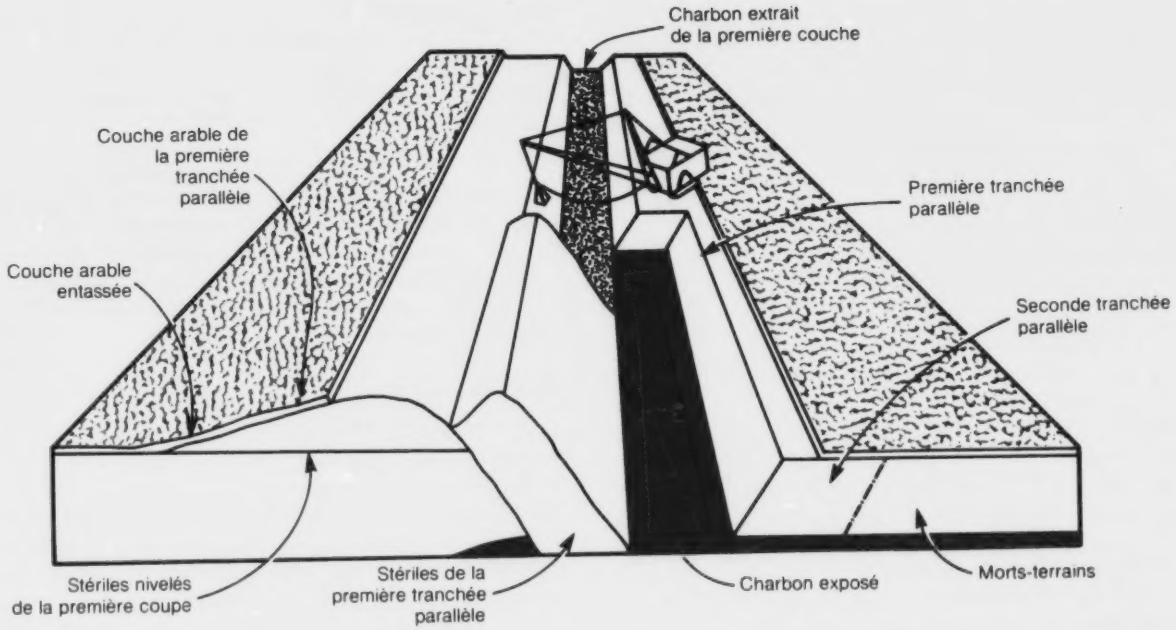


FIGURE 6. Exploitation d'un gisement de charbon en découverte : première tranchée parallèle

Source : Commission mixte internationale, 1979

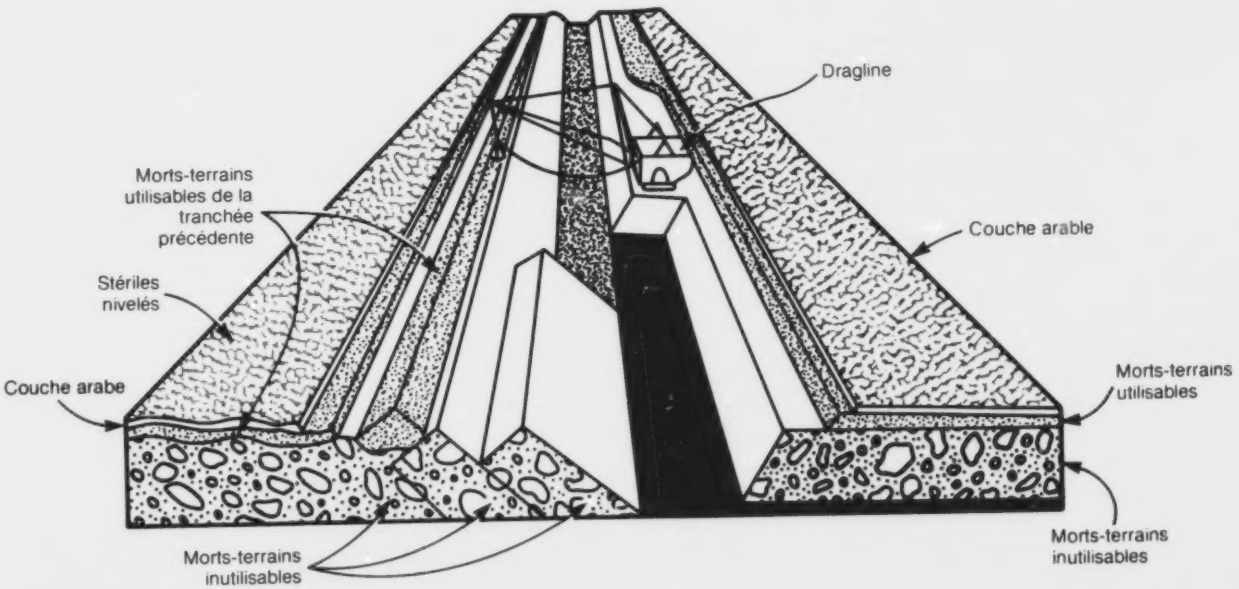


FIGURE 7. Exploitation sélective en découverte

1976). Le total pour les minéraux industriels était de 59 p. cent, sans compter le sable, le gravier et la pierre concassée qui sont presque entièrement extraits par des opérations de surface. Les listes les plus récentes des exploitants de gisements métallifères, de minéraux industriels et de charbon révèlent que 64 p. cent du charbon, 40 p. cent des minerais métallifères (à l'exception des gisements alluvionnaires) et 84 p. cent des mines de minéraux industriels étaient des exploitations en surface (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1977). Le tableau 2 contient une répartition complète par province et territoire.

La décision finale d'exploiter un gisement minéral par extraction en surface ou extraction souterraine est en grande partie régie par la profondeur du gisement et sa configuration tridimensionnelle. L'extraction en surface a un certain nombre d'avantages, notamment : des coûts moins élevés par unité de production, une meilleure récupération de gisements qui ne peuvent pas être extraits par des méthodes souterraines ; et enfin, des conditions de travail plus sûres. Dans la plupart des cas, le facteur ultime qui détermine si un gisement peut être extrait ou non par des méthodes de surface est la profondeur de la couche de couverture et des roches encaissantes. Les coûts d'enlèvement et de stockage de la couche de couverture limitent effectivement les techniques de mine à ciel ouvert. Ce cas est illustré à la figure 4 où l'on peut voir que plus le minerai est profondément encaissé, plus la quantité de matériaux superficiels et de roches encaissantes à enlever augmente fortement, du fait qu'il devient nécessaire d'agrandir la superficie de travail si l'on veut avoir accès au minerai et maintenir les pentes à un angle sûr.

Dans certains cas on commence par exploiter un gisement en utilisant les méthodes de surface puis on continue avec des méthodes souterraines lorsque les coûts de l'élimination de la roche encaissante deviennent prohibitifs ou qu'il n'est plus possible, techniquement parlant, de l'enlever. La mine Creighton dans le district de Sudbury, en Ontario, illustre bien ce cas. Son exploitation a commencé à ciel ouvert, en 1900, mais au troisième niveau, 200 pieds au-dessous de la surface du sol, la Direction a décidé (en 1905) d'arrêter les travaux à ciel ouvert et de pratiquer l'extraction souterraine.

« Plusieurs facteurs ont conduit à cette décision... En hiver, la glace et la neige entravaient et arrêtaient fréquemment les travaux. De plus, si la carrière avait été creusée au-delà du troisième niveau, il aurait fallu, par mesure de sécurité, adoucir la pente du côté du terrain de recouvrement et ainsi extraire des matières très légèrement minéralisées. L'argument décisif a été qu'en 1905 les travaux d'excavation ont indiqué que le gisement avait encore au moins plusieurs centaines de pieds de profondeur, et qu'il faudrait tôt ou tard continuer avec des méthodes souterraines. » (Boldt, 1967).

En fait, l'exploitation de la mine se poursuit encore aujourd'hui par le neuvième puits achevé en 1967 qui atteint 2100 mètres au-dessous du niveau du sol. Les méthodes utilisées sous terre ont compris l'exploitation par chambres-magasins, par chambres et piliers, par remblayage et avec boisage parallélépipédique.

Extraction en surface

Les gisements relativement peu profonds sont généralement exploités en surface. Les deux méthodes le plus communément utilisées au Canada sont l'exploitation à ciel ouvert et l'exploitation en découverte. Lorsqu'il s'agit de gisements massifs et de formes irrégulières, les méthodes d'exploitation à ciel ouvert prédominent, alors qu'on a recours à l'exploitation en découverte pour les gisements stratifiés ou en couches. Parmi les autres méthodes on compte l'extraction hydraulique, l'extraction en carrière et le dragage.

Exploitation en découverte. Cette technique sert à exploiter des gisements stratifiés qui se trouvent près de la surface dans des terrains plats ou en pente douce. Au Canada, on l'emploie presque exclusivement pour exploiter des gisements houillers relativement peu profonds. Cette exploitation peut se faire de deux façons : avec des draglines électriques ou encore des pelles mécaniques déversant dans des camions (Bielenstein et coll., 1979).

L'exploitation en découverte commence au point le plus bas de la houillère et progresse de bas en haut afin d'évacuer l'eau des aires de travail (figure 5). À la fin de la première entaille, la dragline traînante est amenée à la partie inférieure de la couche de charbon et on pratique une entaille parallèle à la première (figure 6). Le charbon est généralement enlevé par camion et pelle. Les roches de recouvrement sont déversées dans la tranchée précédente. L'exploitation de la mine se fait par tranchées parallèles successives. (Environnement Canada, 1979*b* ; Bielenstein et coll., 1979).

Les déblais sont en général déposés dans les tranchées dans une position stratigraphique inverse, c'est-à-dire que la couche arable se trouve au fond et elle est recouverte par les morts-terrains et les débris de roche (Blakeman, 1980). Cependant, la plupart des règlements relatifs aux mines à ciel ouvert exigent que les matériaux soient déplacés, déposés et stockés d'une façon sélective (figure 7). Comme les débris de roche brisée occupent jusqu'à une fois et demie le volume de l'assise rocheuse intacte, la remise en état des terrains exploités en découverte doit se faire en plusieurs étapes pour corriger le bombement du sol.

Exploitation à ciel ouvert. Cette technique sert généralement à extraire des minéraux ou du charbon massifs ou filoniens dans des gisements qui se trouvent près de la surface, en terrain accidenté. Après avoir extrait le minerai, on ne comble généralement pas la fosse avec les roches de recouvrement et les stériles. La couche arable est habituellement enlevée à l'aide de bennes racleuses, ou de bouteurs et elle est empilée pour les travaux ultérieurs de remise en état du terrain. Des trous de mine sont forés dans les morts-terrains, puis ils sont chargés d'explosifs et mis à feu pour pulvériser les roches de recouvrement et faciliter ainsi leur enlèvement par bouteur, chargeur frontal ou pelle mécanique ; les déblais sont ensuite transportés par camion aux endroits prévus pour les terrils. Une fois la couche de couverture enlevée, on utilise des sondeuses pour percer des trous dans les gisements de minéraux. Ces trous sont ensuite chargés d'explosifs que l'on met à feu pour concasser le minerai. Dans la plupart des cas, on se sert de pelles mécaniques et de camions pour charger et transporter le minerai.

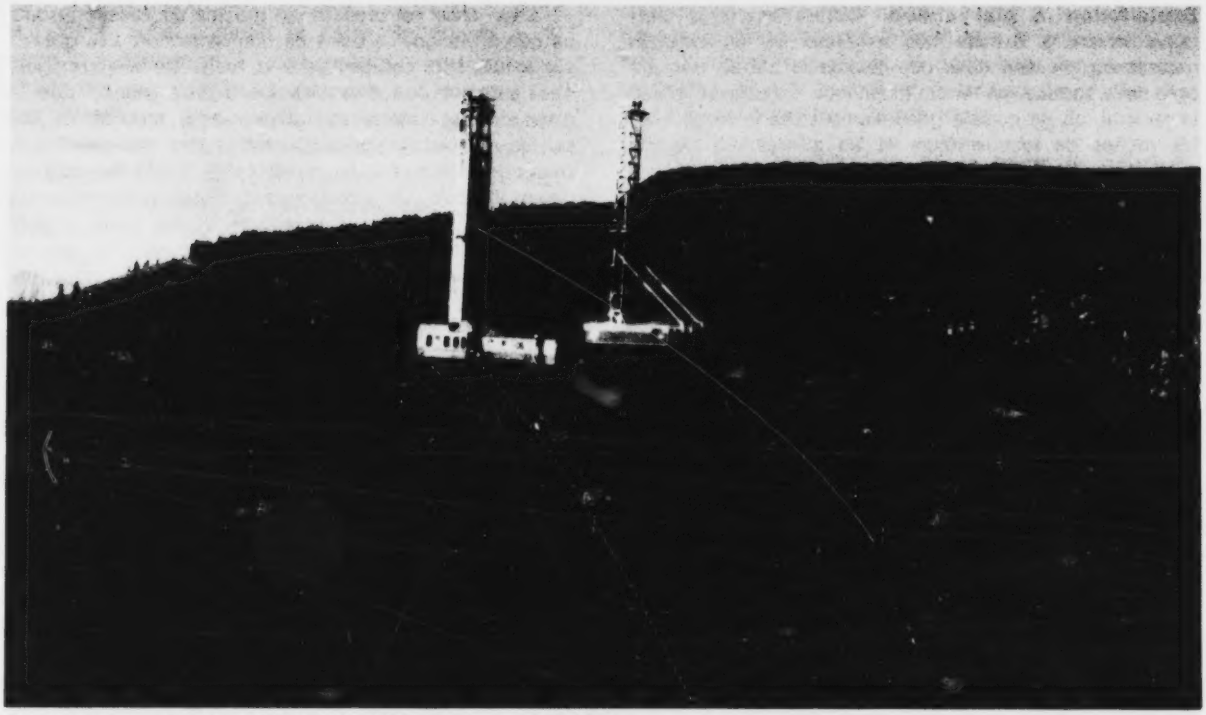
La fosse est creusée en gradins successifs jusqu'à ce qu'on atteigne le point de non-rentabilité. Les gradins supérieurs sont creusés dans la roche stérile (voir figure 4). La fosse doit être beaucoup plus grande que le gisement de minerai afin d'assurer la stabilité de ses pentes. Les coûts de manutention des matériaux sont beaucoup plus élevés avec cette méthode qu'avec l'exploitation en découverte. Bien que ce genre d'exploitation offre l'avantage d'une plus grande mécanisation et d'une meilleure récupération du minerai, elle est accompagnée d'un certain nombre de contraintes, notamment : les quantités considérables de stériles ; une grande variation dans les caractéristiques physiques et chimiques des stériles d'une même fosse ; et un immense trou très profond subsiste après l'exploitation. Dans certaines mines à gradins on pratique cependant le remblayage ; les morts-terrains et les stériles sont stockés ou épandus sur des terres adjacentes et à mesure que la fosse s'agrandit, ils sont déversés dans les endroits de la mine d'où le minerai a été entièrement récupéré. Toutefois,

Tableau 3
Superficie moyenne de sol perturbé par l'exploitation minière au Canada (en hectares)

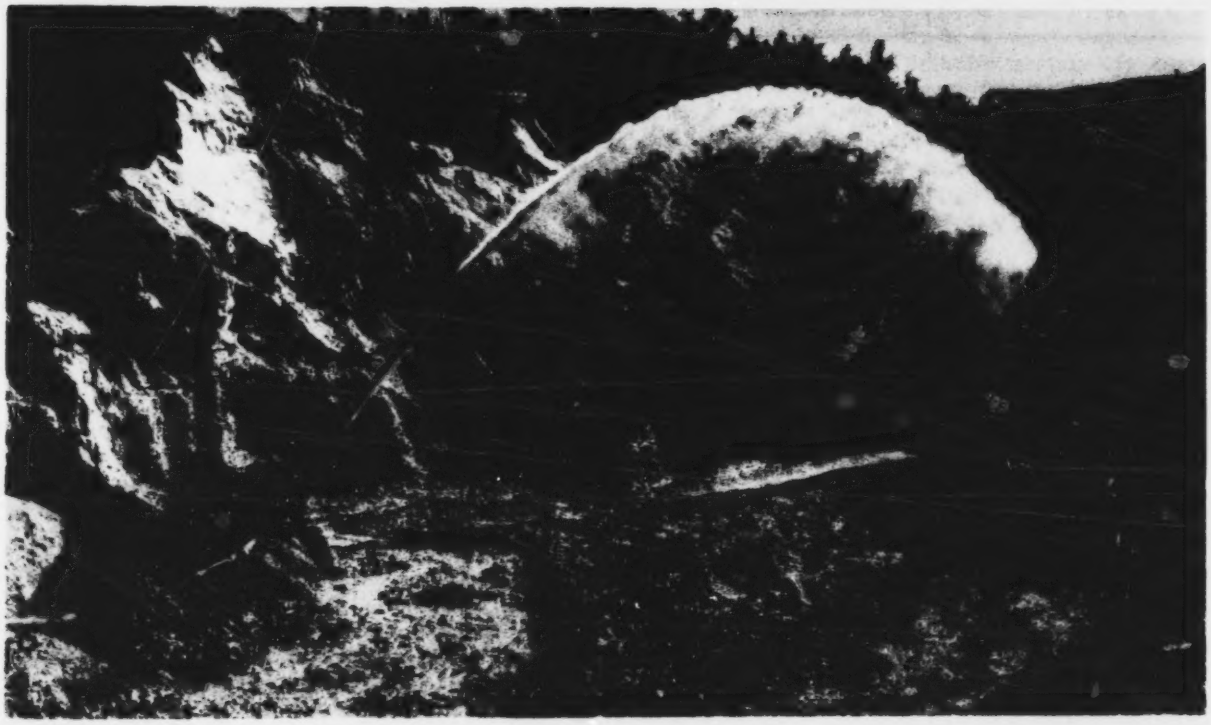
	Superficie moyenne de sol perturbé par l'exploitation minière	Superficie moyenne de sol en exploitation	Superficie moyenne des mines abandonnées	Superficie maximale de sol perturbé par l'exploitation minière
Métal				
toutes les mines[1]	77	148	30	1 219
or/argent seulement	44	93	29	482
toutes les mines[2]		124		
souterraines		70		368
à ciel ouvert		180		1 688
Fer				
toutes les mines[1]	195	252	58	935
toutes les mines[2]	327			
souterraines	152			152
à ciel ouvert	342			1 451
Charbon				
toutes les mines[1]	335	95-614	20-60	1 430
Minéraux industriels				
amiante[1]	205			582
potasse	180			350
sable et gravier[3]	7			
carrières de pierre[3]	17			464

Remarque : les chiffres indiqués dans ce tableau correspondent à la superficie de sol perturbé par les mines à ciel ouvert, les terrils près des puits de mine, les stériles, les bassins et les piles de morts-terrains. Ils n'incluent pas les autres superficies touchées par les installations ou les opérations. Une répartition plus précise de ces chiffres se trouve à l'annexe II.

Sources : 1) Murray, 1977b ; 2) Environnement Canada, 1972 ; 3) Environnement Canada, 1977



Forage de trous de mine à la B.C. Coal Ltd., Sparewood (C.-B.)
Photographie : Ian B. Marshall, Environnement Canada



Exploitation d'une mine d'or par abattage hydraulique, à Dawson City (Yukon)
Photographie fournie par la photothèque de l'ONF

Tableau 4

Mines de surface typiques : transport du minerai et des déchets rocheux

Compagnie	Mine et emplacement	Produits	Superficie de la fosse		Minerai transporté (t/d)	Déchets rocheux/morts-terrains	
			À la surface (pi)	Profondeur (pi)		t/d	%
Asbestos Corp.	British-Canadian Black Lake (Qué.)	amiante	5 000 x 2 500	350 (sud) 800 (nord)	14 200	36 800	72,1
Brenda Mines Ltd.	Peachland (C.B.)	Cu, Mo	3 000 x 3 000	450	30 000	20 000	40,0
Cassiar Asbestos Corp.	Cassiar (C.B.)	amiante	3 000 x 4 000	1 000	5 000	35-40 000	70-80
Eldorado nucléaire Ltée	Eagle, Eldorado (Sask.)	U_3O_8	200 x 100	80	120	300	62,5
Gaspé Mines Ltd.	Copper Mountain, Murdochville (Qué.)	Cu	2 500 x 2 600	500	30 000	50 000	62,5
Griffith Mine	Red Lake (Ont.)	Fe	6 100 x 1 800	275	14 900	19 200	56,3
Manitoba and Saskatchewan Coal Co.	Boundary Dam. Estevan (Sask.)	charbon	8 000 x 100	40-80	5 500	30 000 V^3 dépilée	
McIntyre Mines Ltd.	No. 9, Grande Cache, (Alta)	charbon	4 800 x 2 000	820	4 000	66 000	94,2
Newmont Mines Ltd.	Belle Copper Division Gransisle (C.B.)	Cu, Au	2 000 x 2 500	440	15 000	10 000	40,0
Placer Development	Gibralter Mine, Polyanna Pit McLeese Lake (C.B.)	Cu, Mo	2 000 x 1 800	370	40 000	75 000	65,2
Sherrit Gordon Mines Ltd.	Ruttan, Leaf Rapids (Man.)	Cu, Zn	2 800 x 1 640	560	10 000	15 000	60,0

Source : Canadian Mining Journal, 1980

ce n'est pas une pratique courante en raison des énormes quantités de stériles et de roches de recouvrement. Dans la plupart des mines, on extrait de trois à quatre tonnes de stériles pour une tonne de minerai.

Carrières : Les carrières servent principalement à extraire de la pierre d'ornement ou de construction ou de la pierre concassée servant de matériau de construction. Les techniques d'extraction sont semblables à celles de l'exploitation minière à ciel-ouvert, mais les fosses ne sont pas aussi profondes et dépassent rarement 50 mètres. Les carrières sont généralement situées à proximité d'agglomérations et leur exploitation s'étend sur une très longue période. Presque toutes les carrières sont dotées d'une usine de traitement, de bassins de décantation et de terrils. Il arrive fréquemment qu'après quelques années d'extraction, ces activités soient transportées dans une partie inutilisée de la fosse. Contrairement aux autres formes d'exploitation minière, il y a très peu de stériles à jeter, mais après l'exploitation, ces terrains ne peuvent généralement servir qu'aux loisirs, en raison des parois rocheuses escarpées et élevées, des profondeurs considérables et des mauvaises conditions de drainage du terrain. (Ramani et Grim, 1978 ; Blauch, 1978).

Sablières : L'exploitation du sable et du gravier se fait également à ciel ouvert surtout. La couche arable est généralement enlevée à l'aide de bouteurs puis elle est empilée, souvent sous forme de barrage de protection, et l'équipement se limite à des bennes racleuses, des bouteurs, des chargeurs frontaux et des camions ainsi qu'à une usine de traitement. La configuration de la fosse dépend du genre et de la forme du gisement. La plupart des fosses sont peu profondes (30 m) et de forme irrégulière. Ces exploitations ressemblent quelque peu à des carrières puisqu'elles nécessitent un emplacement pour empiler les matériaux, un étang de décantation ainsi qu'une zone réservée à l'usine de traitement (Blauch, 1978). Les ballastières, particulièrement celles qui accompagnent la construction des grand-routes, ressemblent à ce genre d'exploitation mais ne sont généralement pas considérées comme une opération minière. Ce sont généralement des excavations petites et nombreuses, à flanc de colline.

Le dragage. Cette opération consiste à enlever continuellement et à traiter des gisements minéraux non consolidés. La drague est une plate-forme flottante dotée d'un appareil de succion continue ou d'un excavateur mécanique comme une roue à godets ou une dragline pour l'extraction, et d'un équipement de traitement qui trie et récupère la fraction minérale utile (Ramani et Grim, 1978). Cette technique est généralement utilisée dans le cas de l'or alluvionnaire (extraction de certains agrégats) et laisse d'immenses tas semblables à ceux des mines de charbon dans la plaine du sud-est de la Saskatchewan. Le procédé d'extraction bouleverse considérablement le lit des cours d'eau ou des rivières car de grandes quantités

Tableau 5
Superficie requise par des mines à ciel ouvert

	Afton Mines Ltd. Colombie-Britannique	La compagnie minière Québec Cartier Mont Wright, Québec
Produit	cuivre, or, argent	fer
Teneur métallique	cuivre (1,01%) or (0,72%) argent (5%)	30 — 40%
Réserves estimatives	34 000 000 t 10 000 000 t en profondeur	900 000 000 t
Taux de production	7000 t/d	130 — 150 000 t/d
Durée estimative	15 — 20 ans	20 ans
Superficie maximale de la fosse	56 hectares	464 hectares
Barrages et bassins à stériles	191 hectares	218 hectares
Terril de déchets rocheux	149 hectares	480 hectares

Sources : Abbott, 1975 ; Anderson et Robertson, 1977

de sédiments en suspension y sont déversées et la remise en état est difficile à cause des tas de stériles graveleux qui s'y sont amoncelés.

L'exploitation à ciel ouvert et en découverte nécessitent toutes deux l'enlèvement de grandes quantités de morts-terrains, ce qui perturbe de vastes superficies. Le tableau 3 et l'annexe II indiquent l'importance de ces perturbations dénotée au cours d'inventaires récents. Les plus grosses exploitations sont des mines de fer, de cuivre, d'amiante et de charbon. Le tableau 4 donne la variation de la taille de ces opérations.

Dans la plupart des cas, les mines à ciel ouvert d'où sont extraits des minerais métallifères ont un diamètre de plusieurs milliers de pieds et une profondeur de 350 pieds à 600 pieds. Le tableau révèle que la quantité de stériles et de roches de recouvrement extraits des mines à ciel ouvert, par rapport au pourcentage de tous les matériaux récupérés, varie de 40 à 72 p. cent.

Dans le compte rendu annuel du *Canadian Mining Journal* relatif à la technique minière (1981), le volume moyen de stériles des 18 mines considérées s'élevait à 60 p. cent de tous les matériaux extraits. Dans le cas des mines de charbon bitumineux extrait de couches très inclinées dans un terrain montagneux (45 p. cent de la production houillère actuelle du Canada), le rapport entre les stériles et le charbon peut atteindre 10 ou même 12 pour un. Dans cette même étude, des 49 exploitants de mines souterraines interrogés, un tiers ont répondu qu'aucun stérile n'était ramené à la surface tandis que les autres ont répondu que seulement 6 p. cent de tous les matériaux extraits étaient des stériles. En général, les mines à ciel ouvert produisent environ 50 fois plus de stériles que les mines souterraines (Ripley et coll., 1978).

Le tableau 5, qui fournit des données sur deux gisements métallifères ouverts vers la fin des années 1970 donne une idée des superficies impliquées au cours de l'exploitation d'une mine à ciel ouvert. Toute proportion gardée, la taille relativement comparable des terrils témoigne de la très faible teneur du minerai de cuivre par rapport à la forte teneur du minerai de fer.

En ce qui a trait à la capacité de traitement, la plus grande mine de cuivre à ciel ouvert (43 000 tonnes par jour) est la mine Lornex située à Highland Valley en Colombie-Britannique ouverte en 1972. En 1976, la superficie occupée par les stériles était de 369 hectares (Murray, 1977*a* et 1977*b*).

Pour ce qui est de la superficie, ce sont les exploitations de charbon en découverte et les exploitations de sables bitumineux qui exigent le plus de terrain au cours de la phase de l'extraction. Par exemple, à la nouvelle mine de charbon de la Saskatchewan Power Corporation près de Cornach, on prévoit une durée d'exploitation d'environ 35 ans à raison de 1,8 million de tonnes de charbon par année à partir de 1979 (Commission mixte internationale, 1979). Une dragline ayant une flèche d'une portée de 110 m et un godet de 69 m^3 enlève 12 à 45 m de morts-terrains par bandes de 36 m de large à raison d'environ 100 ha par année, y compris les tranchées de coupe et les piles parallèles de stériles. On prévoit qu'une superficie d'environ 41,8 km^2 (4180 ha) sera directement perturbée par les opérations minières. Par ailleurs, l'expansion de la mine Highvale au sud de Lake Wabamun en Alberta (en vue d'alimenter une nouvelle centrale thermique à Keephills) nécessitera une superficie additionnelle de 3642 ha, portant la superficie totale perturbée par la mine à 8094 ha vers la fin de l'exploitation de la mine (Bridges, 1978).

Outre la perturbation terrestre causée par l'extraction en surface de métaux et de charbon, l'extraction de matériaux non consolidés ou alluvionnaires comme le sable et le gravier perturbent considérablement le sol. Bien que les fosses soient relativement petites et qu'il y ait généralement peu de stériles, l'impact visuel et environnemental est beaucoup plus apparent en raison de leur grand nombre (annexe III).

Extraction souterraine

Les méthodes d'extraction souterraine sont aussi variables que les types de minerai ou que leur milieu géologique et environnemental. Bien que chaque gisement exige des méthodes d'extraction précises, le présent rapport traitera seulement des caractéristiques générales. Une mine souterraine comporte habituellement une série de puits verticaux ou inclinés dont le diamètre peut varier de moins de 1 m à plus de 7,5 m, par lesquels on a accès sous terre (figure 8). Les puits sont généralement équipés, à la surface, d'un treuil utilisé pour descendre et remonter une cage pour le personnel et le matériel et d'une caisse guidée (skip) pour le minerai. Il y a souvent un puits distinct pour l'aération. Une fois les puits creusés, ils sont aménagés pour la production en perçant une série de galeries entrecroisées ou de tunnels à intervalle de 30 à 60 m verticalement, dans le gisement et à côté de celui-ci. Des travers-bancs sont ensuite creusés perpendiculairement à ces galeries pour traverser le gisement. Les voies verticales entre les galeries consistent en « montages » (vers le haut) ou en « descenderies (vers le bas). Le chantier désigne l'endroit où le minerai est extrait. Il y a plusieurs chantiers pour ne pas limiter la

Travers banc dans une mine souterraine
Photographie : Crombie McNeill, fournie par : photothèque de l'ONF

Rabattage par longues tailles dans une mine de charbon
Photographie fournie par la photothèque de l'ONF

production à un seul front de taille. L'extraction se fait de façon sélective afin d'éliminer le plus possible les stériles.

Le minerai est récupéré en forant une série de trous dans la paroi ou le front de taille, puis en les chargeant d'explosifs qui, mis à feu, libèrent le minerai. Le minerai abattu est ensuite chargé par gravité ou mécaniquement dans des camions ou des wagonnets et transporté vers un point de chargement où peut avoir lieu un premier broyage. Enfin, le minerai est monté à la surface dans des skips par le puits principal.

Il existe de nombreuses méthodes pour extraire le minerai dans les chantiers d'abattage ; il y a en plus des variantes et des combinaisons. Les méthodes de taille les plus répandues sont l'exploitation par chambres-magasins, par remblayage, par boisage parallélépipédique, par chambres et piliers, et par longues tailles. Deux autres méthodes moins utilisées sont l'extraction hydraulique et l'extraction par dissolution.

Exploitation par remblayage. Avec cette méthode, le minerai est abattu dans le chantier, évacué et le vide est

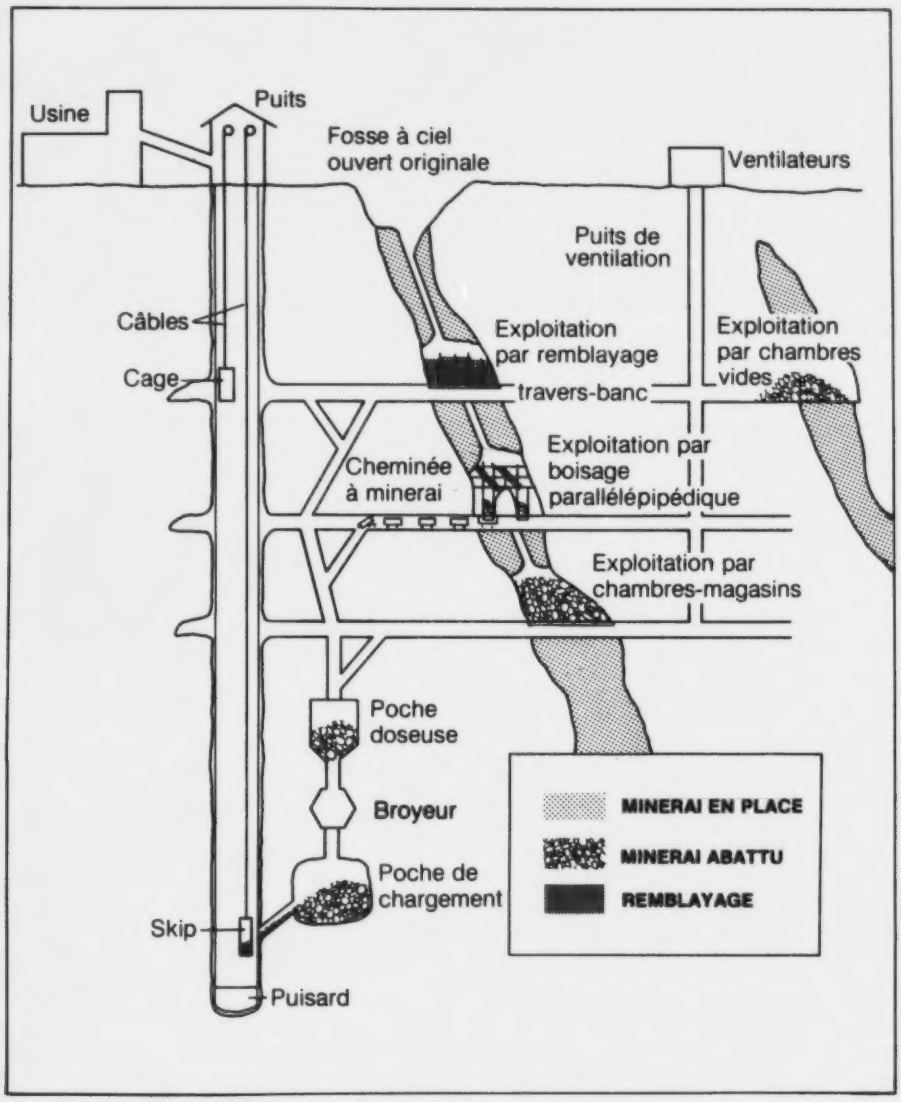


FIGURE 8. Illustration d'une mine souterraine

Source : Northern Miner, 1968

Abattage du talc dans une mine souterraine
Photographie : George Karam, fournie par : photothèque de l'ONF

Le talc est déchargé dans une cheminée à minerai
Photographies : George Karam, fournies par : photothèque de l'ONF

comblé avec les stériles. Cette méthode permet une exploitation plus sélective du minerai le plus riche (c'est-à-dire traiter le moins possible de stériles ou de minerai à faible teneur) et ainsi l'élimination d'une moins grande quantité de stériles. Elle a l'avantage d'être économique et sûre (Northern Miner, 1968). Dans certaines mines, les stériles grossiers (de granulométrie comparable au sable) sont renvoyés hydrauliquement sous terre sous forme de lavée (Marshall et coll., 1974). Les particules grossières se déposent, l'eau est ensuite décantée et pompée à la surface. Dans certains cas, du ciment est ajouté à cette lavée de sable et d'eau avant le pompage.

Exploitation par chambres-magasin. Aucun remblayage n'est utilisé dans cette méthode. Une partie du minerai abattu est utilisé comme plate-forme de travail et support des parois, le reste est soutiré par la galerie de base. Lorsque tout le minerai est extrait, il y a un trou allant d'un niveau au suivant (il arrive quelquefois qu'il soit rempli ultérieurement avec des stériles). C'est l'une des méthodes d'extraction souterraine les moins coûteuses. Dans certaines chambres-magasin, un pilier central est laissé entre les cheminées lorsque les parois rocheuses sont suffisamment solides.

Exploitation par boisage parallélépipédique. Cette méthode est utilisée pour extraire le minerai lorsque le sol est instable, parce que non consolidé, ou lorsque les parois ne sont pas assez solides pour tenir seules. Elle consiste à construire des charpentes en bois d'une paroi à l'autre et à les monter vers le haut à mesure que le minerai est extrait : ces charpentes supportent les parois et le toit. Le minerai disloqué tombe et glisse jusqu'aux montages (Bateman, 1952). Quelquefois, les vides créés sont remblayés aussitôt que possible avec des stériles pour soutenir le toit afin de garantir la sécurité des ouvriers (*Northern Miner*, 1968). Cette méthode est cependant très onéreuse.

Les trois méthodes susmentionnées sont généralement utilisées dans le cas des gisements à fort pendage ou à couches épaisses et irrégulières. Dans la plupart des cas, les travaux d'excavation avancent le long de ces filons.

Exploitation par chambres et piliers. Cette méthode grandement utilisée pour extraire le charbon au Canada consiste à creuser des chambres carrées ou rectangulaires à intervalles réguliers en deux directions à angle droit l'une par rapport à l'autre, et à laisser une série de piliers naturels pour soutenir le toit des chantiers (Environnement Canada, 1979*b*). Cette méthode a pour inconvénient de négliger 20 à 50 p. cent du minerai.

Exploitation par tailles. Elle est très mécanisée et fait appel à trois types d'équipement ou technique : une haveuse, le soutènement des toits et un convoyeur installé parallèlement au front de taille. Les techniques par chambres et piliers et par longues tailles peuvent être utilisées pour l'exploitation en progression et par rabattage. Ces méthodes conviennent principalement aux gisements de minerai bidimensionnels relativement plats qui produisent très peu de stériles à moins que les couches soient très minces.

« *Dans une exploitation par longues tailles en progression, deux galeries d'accès parallèles distantes de plusieurs centaines de pieds l'une de l'autre sont creusées à partir d'un puits principal dans une couche de charbon horizontale ou en pente douce. La haveuse automotrice à tambours rotatifs avance latéralement à travers le front de la couche entre les deux galeries, coupe le charbon entre le plancher et le toit et le décharge sur le convoyeur qui le transporte à l'extrémité du front de taille où le charbon est déchargé sur un autre convoyeur ou dans des wagonnets qui l'apportent en surface par une des galeries d'accès. Dans ces étroits chantiers, le toit est soutenu par une série de vérins hydrauliques très rapprochés les uns des autres. Lorsqu'elle atteint l'extrémité du front de taille, la haveuse repart dans l'autre sens vers l'autre extrémité. Les vérins hydrauliques avancent d'environ 0,75 m dans la couche en laissant s'effondrer au fur et à mesure le toit non soutenu du chantier exploité. À mesure que l'extraction progresse, les galeries d'accès à chaque extrémité du front de taille sont creusées vers l'aval.* » (Blakeman, 1980)

Le rabattage par longues tailles consiste à creuser au préalable deux galeries d'accès parallèles jusqu'à l'extrémité de la zone à exploiter et à faire progresser le front de taille jusqu'au puits principal. L'exploitation rabattante est plus rentable à long terme que l'exploitation en progression. Les deux méthodes par longues tailles permettent cependant de récupérer jusqu'à 100 p. cent du minerai dans le front de taille avec une productivité élevée en raison de la forte mécanisation. Toutefois, des barrières de 10 à 30 m d'épaisseur sont souvent laissées entre les fronts de taille adjacents, et le taux de récupération n'est que de 70 à 80 p. cent.

Abattage hydraulique. Cette méthode consiste à introduire de l'eau sous pression pour abattre, briser, charger et transporter le charbon du front de taille au jour. Au Canada, cette technique est utilisée dans une seule mine de charbon dans les montagnes rocheuses de la Colombie-Britannique où les couches de charbon sont épaisses et à fort pendage. Alors que la méthode classique par chambres et piliers ne permet qu'une récupération de 10 à 15 p. cent (jusqu'à 50 p. cent lorsque les chambres et piliers sont équidimensionnels), l'abattage hydraulique permet un taux d'extraction pouvant atteindre 70 p. cent dans un bloc, et 55 p. cent dans l'ensemble (Colombie-Britannique, 1976).

Extraction par dissolution. Cette méthode n'est employée au Canada que pour l'extraction du sel et de la potasse (MacWilliams et Reynolds, 1973). Le procédé par dissolution utilisé pour extraire la potasse en Saskatchewan (mine Kalium, au nord-ouest de Regina) consiste à pousser de l'eau chaude dans les couches de potasse où elle dissout le sel de potassium. La solution saturée est pompée à la surface et le sel de potasse en est extrait par évaporation et cristallisation (ministère des Ressources

minières de la Saskatchewan, 1976). Bien que cette méthode coûte moins cher à mettre en place, les coûts énergétiques sont cependant très élevés. D'autres méthodes par dissolution font appel à des solutions de lessive acides ou alcalines injectées dans la zone minéralisée par une série de trous de forage.

Comparativement à l'extraction à ciel ouvert, l'extraction souterraine perturbe moins la surface du terrain, principalement dans les mines où les stériles servent à soutenir le terrain de façon à ce que l'extraction du minerai puisse se poursuivre. Au Canada, la méthode de remblayage avec les stériles est utilisée dans environ un tiers des gisements de métaux non précieux (Ripley et Coll., 1978). Cependant, lorsque la roche encaissante est suffisamment solide, les vides demeurent après l'extraction du minerai et les stériles sont ramenés à la surface. C'est la méthode employée pour l'exploitation des deux autres tiers des gisements de minerais non précieux.

Le tableau 6 présente le volume de minerai et de stériles extraits d'un certain nombre de mines souterraines représentatives. La superficie moyenne des terrils des mines souterraines dépasse rarement 5 ha (voir annexe II). Du point de vue environnemental, l'avantage évident de l'extraction souterraine est la quantité relativement faible de stériles accumulés à la surface. Les principales opérations qui perturbent la surface au cours de l'étape d'extraction sont exposées à l'annexe I.

Enrichissement

L'enrichissement a pour but soit d'obtenir le minéral utile sous forme de produit fini en vue d'une utilisation immédiate par les consommateurs (ex.

Tableau 6
Exemples de minerais et de stériles extraits de gisements métallifères souterrains au Canada

Compagnie	Mine et emplacement	Produits	Minerai extrait (tonnes/d)	Déchets rocheux	
				(tonnes/d)	(%)
Asarco Inc.	Buchans (T.-N.)	Zn, Pb, Cu, Au, Ag	750	50	6,25
Cominco Ltd.	Sullivan, Kimberley (C.B.)	Zn, Pb, Ag, Fe, Cd, Bi, Sb, In, Sn, S	9 600	160	1,6
Eldorado nucléaire Ltée	Fay & Verna, Eldorado (Sask.)	U_3O_8	1 400	500	26,3
Falconbridge Nickel Mines	Stratchcona, Onaping (Ont.)	Ni, Cu	7 500	400	5,0
Inco Metals Co.	Copper Cliff South Copper Cliff (Ont.)	Cu, Ni	3 300	500	13,1
Noranda Mines	Mattagami Lake, Mattagami (Québec)	Zn, Cu, Au, Ag	2 800	150	5,1
Patino Mines (Quebec) Ltd.	Copper Rand, Chibougamau (Québec)	Cu, Au, Ag	1 900	130	6,4
Rio Algom Ltd.	Quirke II, Elliot Lake (Ont.)	U_3O_8	10 000	400	3,8
Sigma Mines (Québec) Ltée	Val D'Or (Québec)	Au, Ag	1 644	66	3,8
Teck Corp.	Lamarque, Val D'Or (Québec)	Au, Ag	1 850	nil	–
Texas Gulf Canada Ltd.	Kidd Creek N° 1 et 2 Timmins (Ont.)	Ag, Cu, Zn, Pb, Sn	14 000	1 000	6,6
Whitehorse Cooper Mines Ltd.	Little Chief, Whitehorse (Yukon)	Cu, Au, Ag	2 400	152	5,9

Source : Canadian Mining Journal, 1980

charbon, amiante), soit de récupérer un produit concentré qui sera soumis à un traitement ultérieur par fusion ou affinage (principalement pour les minerais métalliques non précieux). Ce procédé entraîne généralement l'altération des propriétés physiques du minerai et l'élimination de la gangue inutile en trois étapes :

1° *Comminution :* Concassage et broyage du minerai.

2° *Concentration* : Séparation du minerai métallifère utile des minéraux inutiles (stériles ou résidus minéraux).

3° *Déshydratation* du concentré final avant un traitement ultérieur faisant appel à la métallurgie extractive.

Comminution

La plupart des minerais subissent un broyage préliminaire dans le cadre de l'étape d'extraction. Dans le cas des mines souterraines, le broyage primaire se fait généralement sous terre, le minerai étant monté à la surface pour y être déchargé. Le broyage secondaire et le tamisage constituent la première étape qui a lieu à l'usine au cours de la phase d'enrichissement. La roche concassée est tamisée pour la séparer en classes granulométriques et acheminée dans le réseau de broyage pour y être pulvérisé en fines particules (réseau contrôlé par des classificateurs). Le minerai est ensuite soumis à la concentration.

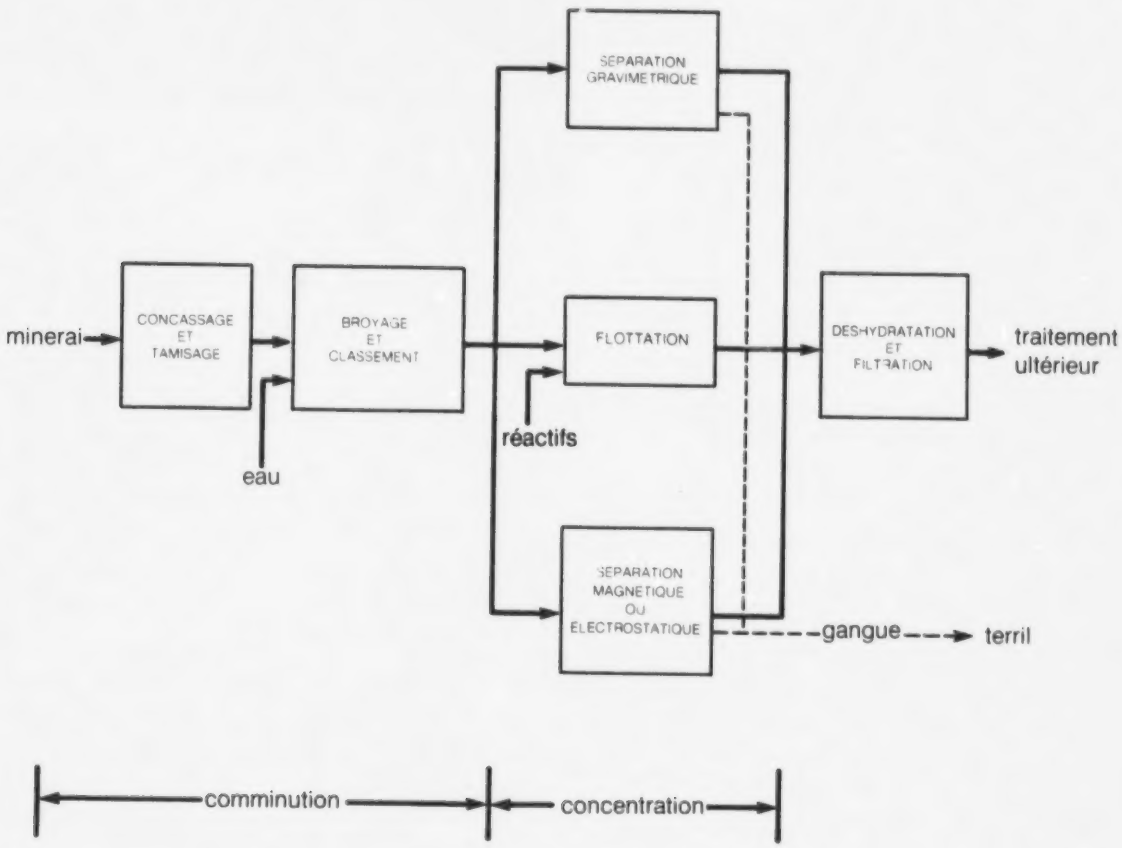


FIGURE 9. Diagramme de la phase d'enrichissement

Source : Ripley et coll., 1978

Concentration

Le produit du broyage est un « concentré » dont la teneur en minéral utile est augmentée en rejetant les matières indésirables, c'est-à-dire les stériles. Dans le cas des métaux, le processus de concentration récupère les minéraux métalliques (ex. le sulfure de sphalérite-zinc, le sulfure de chalcopyrite-cuivre-fer) plutôt que des métaux purs (ex. zinc, cuivre).

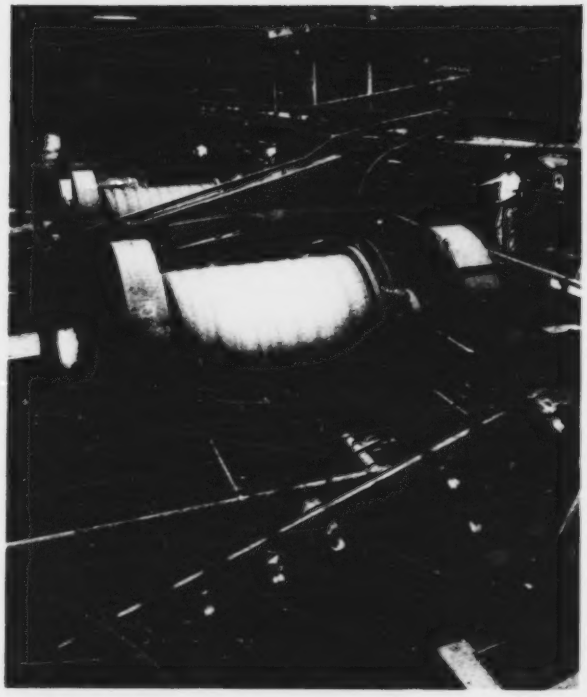
Deux facteurs influent sur l'efficacité du broyage : le taux de récupération et le rapport de concentration. Par exemple, une usine qui traite quotidiennement 1000 tonnes de minerai contenant 4 p. cent de cuivre produit 60 tonnes de concentrés d'une teneur en cuivre de 60 p. cent. Le rapport de concentration est donc de 1000 :60 ou 16,67 :1. La récupération est calculée en fonction du cuivre contenu dans le concentré divisé par celui du minerai, soit 36 divisé par 40 ou 90 p. cent.

Les quatre tonnes de cuivre non calculées ont été perdues sous forme de stériles dont le poids total s'élève à 940 tonnes (sans compter le poids de l'eau).

Il y a cinq méthodes de concentration des minerais métallifères les quatre principales étant la séparation par gravité, la flottation, la séparation magnétique ou électrostatique et l'hydrométallurgie. L'amalgamation est un autre procédé spécialisé mais il est peu utilisé.

La séparation par gravité. C'est l'une des plus anciennes méthodes, mais elle est peu utilisée maintenant sauf pour des minerais grossiers de minéralogie simple comme le minerai de fer spéculaire, et pour les minerais qui ne réagissent pas à la flottation (charbon, minerai de fer, certains minerais d'or et d'argent, et amiante). L'efficacité de ce procédé dépend de la différence de la densité spécifique du minerai et des déchets minéraux (plus la différence est grande, meilleure est la séparation). Pour que le procédé soit efficace, toutes les particules doivent être de même taille et il est donc très important de procéder à un tri. Lorsque les particules sont très fines, la flottation convient mieux. Les laveurs à secousses sont les appareils les plus utilisés pour la séparation par gravité. Le minerai est versé sur un tamis submergé dans l'eau et la séparation s'effectue soit par un mouvement de va-et-vient, soit par la pulsation de l'eau à travers ce tamis (Northern Miner, 1968). Divers types de laveurs à secousses sont utilisés combinés à d'autres procédés de traitement. Les grosses particules de minerai peuvent être passées dans un tel laveur avant la flottation ou cyanuration pour enlever les grains de minéraux lourds (comme l'or ou la galène). Cette étape permet une économie substantielle en évitant que la fraction grossière du minerai utile soit jetée avec les stériles.

L'aspiration est un procédé utilisé pour l'amiante dont les fibres, après avoir été broyées et déchirées, sont concentrées en étant dégagées de la matrice rocheuse par des jets d'air.



Broyeur à boulets
Photographie : George Hunter, fournie par : photothèque de l'ONF

La flottation. Après la comminution, les étapes successives d'un circuit de flottation sont le conditionnement, la flottation simple ou différentielle, la décantation, la filtration et quelquefois le séchage du concentré. La flottation est la méthode la plus utilisée au Canada, principalement pour les minerais à base de sulfures de métaux non précieux. Dans ce procédé, les particules du minéral utile sont fixées à des bulles d'air et flottent à la surface tandis que les autres coulent au fond (Northern Miner, 1968). Les minéraux utiles sont ensuite concentrés et séparés de la gangue stérile. (Dans certains cas, surtout dans l'industrie des métaux non métalliques, les minéraux stériles flottent à la surface et les minéraux utiles sont retenus au fond.) Chaque minéral adhère différemment à l'air et à l'eau ; les tendances naturelles peuvent être modifiées en introduisant des produits chimiques appropriés à la pulpe (un mélange d'eau et de minerai finement broyé). La nature du produit ajouté aux minéraux par immersion détermine son aptitude à la flottation. Les réactifs utilisés sont classés sous les catégories suivantes :

a) *Moussants* : Les essences de pin et une grande variété d'alcools sont ajoutés pour favoriser la formation et la stabilité des bulles.

b) *Collecteurs* : Des réactifs ajoutés aux solutions pour permettre des réactions sélectives. Ils facilitent l'adhérence des bulles d'air aux

minéraux. Les xanthates et une grande variété d'acides gras sont le plus souvent utilisés.

c) *Conditionneurs* : Ils sont ajoutés pour modifier les propriétés superficielles des particules minérales et les rendre ainsi plus aptes (activateurs) ou moins aptes (déprimants) à la concentration. Les « activateurs » chimiques solubles les plus utilisés pour améliorer la récupération des minéraux sont le sulfate de cuivre, l'acétate de plomb ou le nitrate de plomb. Les « déprimants » comme le cyanure de sodium, le bioxyde de soufre, le sulfate de zinc, le silicate de sodium et tout autre composé organique sont utilisés lorsque le minerai contient plus d'un minéral utile. Les déprimants sont utilisés pour la flottation différentielle qui permet de faire flotter un seul minéral à la fois, tous les autres coulant au fond. Cela permet de répéter la flottation sélective autant de fois qu'il y a de minéraux récupérables.

La séparation magnétique ou électrostatique. La séparation magnétique est le procédé par lequel un minéral est séparé de sa gangue en appliquant un champ magnétique puissant (Northern Miner, 1968). Ce procédé sert principalement à concentrer ou nettoyer les minerais de fer et à les séparer d'autres minéraux magnétiques qui ne réagissent pas à la flottation. Il peut également servir à purifier le minerai non ferreux en éliminant les minéraux magnétiques.

Le procédé électrostatique fait appel à un champ électrique à haute tension pour séparer les matières de différentes conductivités électriques. Ce procédé est limité aux matières sèches et est utilisé pour les gisements alluviaux contenant du titane et du minerai de fer (Ripley et coll., 1978).

L'hydrométallurgie. C'est un procédé dans lequel l'eau (ou une solution aqueuse) est utilisée pour dissoudre (ou extraire) le composé métallique et ainsi le séparer de la gangue (minerais d'or, d'argent et d'uranium). Ce procédé est souvent appelé lixiviation. Selon ce procédé, on a recours à des acides pour dissoudre les métaux d'un concentré ou pour récupérer les métaux d'un minerai oxydé. Certains minerais de cuivre peuvent être séparés à l'aide d'ammoniaque, de sulfate ferrique ou d'acide sulfurique selon le minerai. Ce procédé est utilisé au Québec par les mines de cuivre de Gaspé Ltée.

Le procédé de cyanuration ne s'applique qu'aux minerais d'or et d'argent. Les autres métaux non précieux présents dans le minerai ne sont pas récupérés par cette méthode. Le solvant alcalin utilisé est une solution faible de cyanure de sodium ou de calcium qui, une fois aérée, dissout facilement les métaux précieux. Le métal est récupéré en brassant la solution avec de la poudre de zinc ou d'aluminium. Le précipité est ensuite recueilli sur des filtres et affiné par pyrométallurgie. Certaines mines doivent concentrer le minerai aurifère, principalement lorsqu'il contient de la pyrite, par flottation avant la cyanuration (par exemple, la mine Dickenson en Ontario).

L'amalgamation. C'est un procédé par lequel l'or et l'argent sont extraits en les dissolvant dans du mercure. Ce procédé ne s'applique qu'aux minerais contenant de l'or et de l'argent à l'état natif (c.-à-d. des particules d'or ou d'argent pur) et en particules relativement grosses. Les métaux précieux sont récupérés en passant une couche de pulpe sur une table constituée d'une plaque de cuivre argentée enduite de mercure. Le mercure retient et absorbe partiellement les particules de métal précieux et laisse passer la gangue.

L'or emprisonné dans des grains de pyrite ou d'autres minéraux ne peut être extrait. Ainsi, dans le cas de l'or filonien, l'amalgamation est principalement utilisée comme procédé auxiliaire pour récupérer les grosses particules d'or avant la cyanuration ou la flottation ou encore pour récupérer l'or libre des concentrés de la flottation. Il n'y a plus que trois mines au Canada qui pratiquent encore l'amalgamation, toutes trois situées en Ontario. Mais avec la reprise de l'exploitation de l'or, certaines mines nouvelles ou réouvertes utiliseront probablement l'amalgamation dans leur procédé de traitement.

Déshydratation

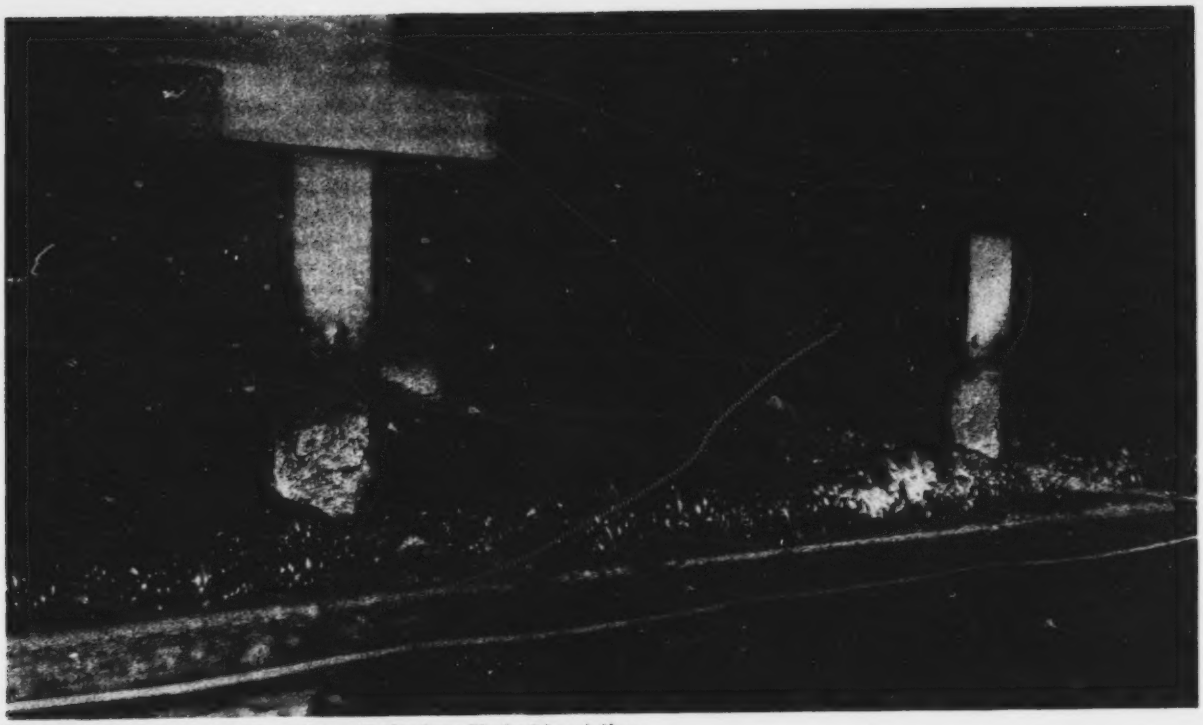
Le concentré final sort des cellules de flottation sous forme de boues diluées contenant d'importantes quantités d'eau. Il faut donc retirer l'eau pour isoler le concentré. La déshydratation fait généralement appel à deux procédés : l'épaississement et la filtration.

L'épaississement. Ce procédé consiste à décanter les matières solides par gravité afin d'éliminer l'excès d'eau. Les épaississeurs sont des bassins de décantation qui séparent la boue diluée en pulpe épaisse et en eau. Les cuves généralement circulaires ont un puits d'alimentation central, un rebord de trop plein périphérique, et des râteaux mécaniques qui raclent le fond et poussent les matières solides décantées vers un orifice à partir duquel elles sont éliminées, filtrées ou séchées (Boldt, 1967).

Étant donné que les particules les plus fines et les plus légères ne décantent pas facilement, on ajoute de petites quantités de réactifs chimiques pour les agglomérer en flocs (remplis de liquide) et les faire décanter. La déshydratation se fait quelquefois à l'aide de cyclones hydrauliques qui font appel à la force centrifuge pour obtenir la séparation, mais ce procédé n'est utilisé que dans le cas de faibles tonnages et de minéraux de grande valeur.

La filtration Ce procédé est utilisé pour éliminer la majeure partie de l'eau qui reste. Le fluide passe généralement dans un filtre linéaire (généralement un tissu) qui intercepte les particules solides.

Malgré les grandes quantités d'eau utilisées au cours de l'enrichissement, le volume de réactifs ajouté



Cellule de flottation couramment employée dans l'industrie minière
Photographie : Crombie McNeill, fournie par : photothèque de l'ONF

Bac de flottation utilisé pour la séparation du minerai et des stériles
Photographie : Paul de Groot, fournie par : photothèque de l'ONF

est faible (généralement moins d'une livre par tonne de minerai) et les produits chimiques se décomposent une fois transportés dans les bassins de stériles (McKinsky, 1948). La majeure partie de l'eau, recyclée ou jetée, est contenue dans un seul bassin ou une série de bassins pour permettre aux particules stériles solides de se déposer. Les bassins de stériles sont généralement volumineux et peuvent contenir des volumes considérables d'eaux usées et de stériles solides. L'eau et les stériles séjournent dans les bassins assez longtemps pour permettre la décomposition des réactifs et la séparation des solides. Toutefois, dans le cas des mines de métaux non précieux traitant de fortes concentrations de minéraux sulfurés, la formation d'acides peut entraîner une concentration excessive des métaux lourds dissous dans le surnageant. Dans ces conditions, on ajoute généralement de la chaux pour réduire l'acidité et précipiter les métaux dissous. De nombreuses mines réutilisent l'eau traitée des bassins de décantation.

L'enrichissement dans la pratique

Dans la pratique, les procédés d'enrichissement utilisés au Canada varient considérablement selon qu'il s'agit de minéraux métallifères, non métallifères et énergétiques, et aussi selon l'importance des opérations, les besoins en sols, le tonnage traité, la production finale et le volume de stériles (voir l'annexe I). Quatre types de produits miniers (métaux, amiante, charbon et sables bitumineux) sont étudiés dans les sections qui suivent pour illustrer ces variations considérables.

Minerais métallifères

La Lornex Mining Corp. Ltd. exploite une importante mine de cuivre-molybdène (Cu-Mo) à ciel ouvert, à Highland Valley, en Colombie-Britannique. Le procédé d'enrichissement comprend le concassage, le broyage et la flottation, avec une capacité totale de 43 500 tonnes par jour (Collings, 1979). En 1979, 15,9 millions de tonnes de minerai ont été traitées pour une production de 206 962 tonnes de concentrés. Le procédé de flottation comprend deux circuits, un circuit primaire produisant un concentré mixte de Cu-Mo et un circuit secondaire qui sépare le cuivre du molybdène. Le concentré mixte déshydraté est traité avec de l'hydrosulfate de sodium pour couler les particules de cuivre, et la molybdénite flotte à la surface avec du mazout dans des cellules de dégrossissage et d'épuisement. Le concentré des cellules épuiseuses est renvoyé dans les conditionneurs et les déchets constituent le concentré final de cuivre (Reno et Coll., 1973). Le concentré des cellules de dégrossissage est traité séparément par huit étapes de flottation pour produire le concentré de molybdénite final. Plus de 98 p. cent du minerai traité sont des stériles. Une exploitation de cette importance se trouve à éliminer 34 millions de tonnes de déchets rocheux (quartz-diorite) par année et plus de 15 millions de tonnes par année de stériles constitués de quartz, plagioclase (feldspath) et d'un peu de mica, de chlorite et de calcite (Collins, 1979). On a estimé que la superficie requise pour recevoir ces déchets rocheux et ces stériles était respectivement de 369 et 345 ha (Murray, 1977*b*).

Dans les mines de cuivre de la Colombie-Britannique, le grand volume de déchets rocheux et de stériles reflète la faible teneur des minerais extraits. La plupart de ces minerais contiennent moins de 1 p. cent de cuivre, et dans bien des cas ils en contiennent même un peu moins de 0,5 p. cent. En 1979, Collings signalait que neuf mines de cuivre à ciel ouvert produisaient plus de 142 millions de tonnes de déchets rocheux et 73,1 millions de tonnes de stériles, et que la superficie requise pour les stocker était évaluée respectivement à 1554 et 1033 ha (Murray, 1977*b*).

Les mines de fer à ciel ouvert sont les seules autres exploitations où l'on traite des volumes comparables de minerais métallifères. Cependant, la principale différence est la teneur des gisements de minerai respectifs. Les teneurs en fer du minerai de la région du Labrador et du Québec varient de 30 à 60 p. cent, comparativement à moins de 1 p. cent pour les mines de cuivre de la Colombie-Britannique ; ces premières mines produisent donc beaucoup moins de déchets rocheux et de stériles. Cependant, au cours des dernières années, de nouvelles mines à ciel ouvert comme la mine du mont Wright à Fermont au Québec (Compagnie minière Québec Cartier) qui a commencé à produire en 1975 traite des minerais d'une teneur de 30 à 40 p. cent en fer[3].

L'extraction de minerais pauvres en fer signifie une augmentation du volume de minerai traité, ce qui nécessite l'utilisation d'un plus gros équipement d'enrichissement, particulièrement dans la phase de comminution, afin de réduire les coûts (la situation est semblable dans les mines de cuivre de la Colombie-Britannique). Environ 50 p. cent de tout le minerai traité à la mine du mont Wright deviennent des stériles (Abbott, 1975). La grosseur des broyeurs autogènes et semi-autogènes a presque doublé pour faire face à l'accroissement du rapport entre les stériles et le minerai (Muloin, 1978).

À la mine du mont Wright, l'hématite spéculaire (moins de 5 p. cent de magnétite) est d'abord concassée en fragments de moins de 7 pouces de diamètre qui subissent ensuite un broyage autogène et passent dans des concentrateurs primaires gravimétriques à spirales équipés de séparateurs

[3] Les tonnages les plus importants de minerai provenant de la région sont sous forme de concentrés enrichis d'une teneur en fer de 28 à 35 p. cent plutôt que de 50 à 60 p. cent.

magnétiques de faible intensité qui épuisent la magnétite résiduelle. La boue est ensuite séparée en fonction de la gravité spécifique en concentrés, mixtes et stériles. Les stériles sont versés dans des cyclones et l'eau récupérée est traitée et recyclée. Ce procédé produit des concentrés contenant de 65 à 68 p. cent de fer.

Bien que l'usine ait une capacité de 18 millions de tonnes par année (la deuxième en importance au Canada), la production approximative de 1979 était de 15 millions de tonnes de concentrés et de boulettes. Une projection hypothétique sur 20 ans de la production de la mine (à pleine capacité) prévoit le traitement de plus de 882 millions de tonnes portant la superficie totale de la mine à ciel ouvert à 464 ha pour une profondeur de 920 pieds (Abbott, 1975). La superficie totale couverte par les déchets rocheux et les stériles devrait atteindre respectivement 480 et 218 ha. Au moment de l'ouverture de cette mine, la capacité totale de traitement du minerai de fer au Canada était de 78,3 millions de tonnes (Muloin, 1978).

Comparativement, la Dickenson Mines Ltd. exploite une petite mine d'or souterraine à Balmertown, au nord-est de Kenora en Ontario. Le procédé d'enrichissement comprend le concassage, le broyage, le triage, l'amalgamation, la cyanuration et la flottation à l'aide de la pulpe provenant de l'étape de cyanuration (voir traitement ultérieur). (Malloy et Taper, 1978.) Cette usine a une capacité maximale de 450 tonnes par jour avec un total de 100 000 tonnes traitées en 1979. Elle produit très peu de déchets rocheux et le stockage des stériles nécessite une superficie d'environ 30 ha (Murray, 1977*b*).

Minerai d'amiante

Le procédé de traitement de l'amiante diffère sensiblement de celui des autres minéraux et surtout des minerais métallifères. Au Canada, la chrysolite est la seule forme d'amiante extraite et c'est une forme fibreuse de la serpentine normalement associée avec de la serpentine massive. Le procédé de récupération est unique, étant donné qu'il comprend généralement la séparation d'un filon fibreux de la masse du même minéral. La fibre d'amiante a la même densité et la même composition chimique que la roche encaissante ; le procédé tire donc profit de la différence physique de la roche et de la fibre après que cette dernière a été retirée sous impact ou effilochée à sec. Dans cet état, l'amiante a une densité spécifique inférieure à celle de la roche et peut être séparée de la serpentine par tamisage ou succion par air.

Les fibres traitées sont classées en cinq principaux groupes selon la longueur de la fibre : fibre à filer (groupe 3) ; fibre pour amiante-ciment (groupe 4) ; fibre à papier (groupe 5) ; fibre à papier et fibre simple (groupe 6) ; et fibre courte (groupe 7). Ces principaux groupes sont subdivisés en 30 catégories environ selon la longueur de la fibre. Ces catégories sont à leur tour subdivisées en fonction d'autres caractéristiques importantes de la fibre, comme le degré de fibrisation ou d'ouverture, la propreté et la résistance pour répondre à des exigences spéciales du consommateur.

Il n'existe pas de méthode type pour traiter l'amiante puisque chaque opération est conçue en fonction de la roche d'un gisement donné et doit être suffisamment souple pour s'adapter à des conditions changeantes[4]. Ainsi, la disposition, le choix et l'utilisation de l'équipement varient considérablement dans l'industrie (Ripley, 1978). Cependant, toutes les usines font appel aux opérations fondamentales du broyage, du séchage, de la séparation de la fibre, du

[4] Les fibres d'amiante sont réparties dans la gangue en filons dont l'épaisseur varie de 1/64e de pouce à plus d'un pouce. La longueur des fibres varie généralement d'une partie à l'autre d'un gisement et d'un gisement à l'autre. La ténacité du lien qui retient les fibres ensemble, la friabilité et la quantité d'impuretés sont également des facteurs importants.

Assèchement d'une mine de charbon à ciel ouvert, Hinton (Alta)
Photographie : Larry Monk, fournie par : photothèque de l'ONF

nettoyage, de l'effilochage et du classement des fibres (figure 10).

En ce qui a trait au volume de minerai extrait et aux quantités de déchets rocheux et de stériles, l'industrie de l'amiante (8 producteurs exploitant 14 mines et usines) a extrait, en 1974, 94,3 millions de tonnes de minerai dont 64,1 millions de tonnes de déchets rocheux, 27,7 millions de tonnes de stériles et 1,81 million de tonnes de fibres. La plus grande usine d'amiante au Canada est située à la mine Jeffrey, exploitée par la Canadian Johns-Manville Co. Ltd., et elle a une capacité de 33 000 tonnes par jour (soit 645 000 tonnes de fibres produites en 1979). C'est le plus important gisement d'amiante connu en Occident. Les stériles et les déchets rocheux couvraient 401 ha en 1977 (Murray, 1977*a*). La superficie couverte par tous les déchets rocheux et tous les stériles des usines de traitement était respectivement de 1454 et de 777 ha (Murray, 1977). Comparativement, les dix mines souterraines de potasse en Saskatchewan ont nécessité une superficie totale d'environ 1985 ha pour leurs stériles (Saskatchewan Land Use Policy Committee, 1978). Dans les deux cas, les chiffres ne comprennent pas les superficies gardées en réserve ni les sites occupés par des installations auxiliaires comme les routes, les lignes de transport de l'électricité, les installations de chargement, les ateliers de réparation, les aires d'entreposage de l'équipement et les entrepôts.

Charbon

Les procédés d'enrichissement du charbon sont semblables à ceux de l'amiante mais beaucoup moins complexes, en ce sens que la nature des procédés de préparation et le degré d'enrichissement requis sont déterminés par l'utilisation finale du charbon. Les opérations houillères consistent à éliminer du charbon les substances non charbonneuses ou productrices de cendres comme l'argile, le schiste, la terre et les particules de roches ou encore les matières sulfuritiques, afin de répondre aux demandes des consommateurs en ce qui a trait à la valeur calorifique et à la teneur en cendres et en soufre du charbon. Les deux types de procédés d'enrichissement utilisés au Canada sont décrits ci-dessous.

Procédé par voie humide. Le charbon traité par voie humide compte pour 94 p. cent de tout le charbon thermique et métallurgique enrichi au Canada. En principe, ce procédé comprend le broyage, le lavage et le triage, et la séparation gravimétrique pour séparer les fragments légers (de densité moindre) des particules plus lourdes de roches ou de minéraux sulfurés dans un milieu aqueux. Le produit trié et nettoyé est déshydraté et séché à l'air ou à la chaleur avant d'être expédié au consommateur. S'il faut un traitement additionnel, les gros morceaux de charbon peuvent être séparés des stériles dans des laveurs où les particules légères de charbon flottent à la surface d'une boue brassée contenant du charbon, des déchets rocheux et de l'eau ; ou encore dans des cyclones à milieu dense où les particules légères de charbon flottent à la surface d'un mélange eau-boue magnétique. Les particules de charbon et de stérile intermédiaires à fines (respectivement moins de 6 mm et 0,6 mm) sont généralement séparées sur des tables Diester oscillantes ou dans des cyclones à eau et des cellules de flottation dans lesquelles le charbon flotte sur une boue brassée à l'air contenant un réactif moussant et un « collecteur », généralement du kérosène. Ce procédé additionnel est également suivi d'une déshydratation et d'un séchage.

Toute l'eau de traitement est normalement recyclée à l'usine ou dans un système à circuit fermé pour les stériles. Cependant, les pertes d'eau lors du séchage et du transport du charbon, les pertes par percolation ou évaporation dans les stériles exigent un réapprovisionnement d'eau fraîche.

En général, toutes les usines de traitement par voie humide produisent trois tailles de déchets solides : grossiers (10 à 30 cm), intermédiaires et fins qui, en plus des déchets rocheux, composent de 20 à 30 p. cent du charbon brut entrant dans l'usine (Schmidt et Moffett, 1979). Les classificateurs séparent les déchets intermédiaires des matières fines qui sont ensuite déshydratées et mélangées aux déchets grossiers.

Les déchets produits par tous les procédés sont recueillis et partiellement déshydratés dans des épaississeurs desquels ils sont pompés sous forme de boue concentrée et acheminés dans les terrils ou les bassins de rétention des boues. Le surnageant de ces bassins peut être recyclé à l'usine ou laissé sur place pour qu'il s'évapore ou s'infiltre dans le sol, ou encore être jeté dans un cours d'eau naturel.

Procédé à sec. Moins de 7 p. cent de tout le charbon thermique produit au Canada est enrichi de cette façon (à la mine ou aux centrales thermo-électriques). En 1978, cela représentait 1,1 million de tonnes de charbon dont près de 50 p. cent étaient tirés de deux mines de lignite de la Saskatchewan.

Dans une usine type de traitement à sec, le charbon extrait passe sur des grilles à barreaux[5] situées en amont des rouleaux concasseurs pour séparer les déchets rocheux résistants, les débris de fer et le bois, du charbon concassable. Les déchets rocheux qui passent à travers les grilles sont rejetés avant d'entrer dans les concasseurs. Après le concassage, le charbon est classé au moyen de plusieurs grilles métalliques vibrantes à mailles de dimensions variées. On ne produit actuellement que deux grosseurs de charbon, surtout des morceaux de 50 mm de diamètre destinés aux centrales thermo-électriques. Les petits morceaux, y compris les fines, sont vendus aux

[5] Grille à barreaux : grille (généralement des barres d'acier) placée en haut d'une goulotte ou d'un passage pour retenir les gros morceaux de roche ou de minerai.

consommateurs canadiens ou à des centrales thermo-électriques qui le pulvérisent.

Contrairement aux usines de traitement par voie humide, les usines de traitement à sec ne produisent pas autant de déchets de charbon intermédiaires et fins. En Alberta, la pratique courante consiste à éliminer ces matières en les renvoyant dans la mine où elles sont mélangées aux déchets d'abattage. Lorsque le nettoyage se fait à la centrale électrique, les déchets sont éliminés avec les cendres. En Nouvelle-Écosse où les mines de charbon sont souterraines, les grosses particules de déchets des usines de traitement à sec sont stockées dans des terrils de surface.

Au Canada, la production annuelle de charbon est actuellement d'environ 30,3 millions de tonnes (thermique et métallurgique). De ce total, 17,4 millions de tonnes (57,4 p. cent) sont soumises à un certain nettoyage ou enrichissement sur le site même de la mine. Près de 12,3 millions de tonnes, principalement le charbon subbitumineux de l'Alberta et la lignite de la Saskatchewan, ne sont pas traitées à la mine. Les

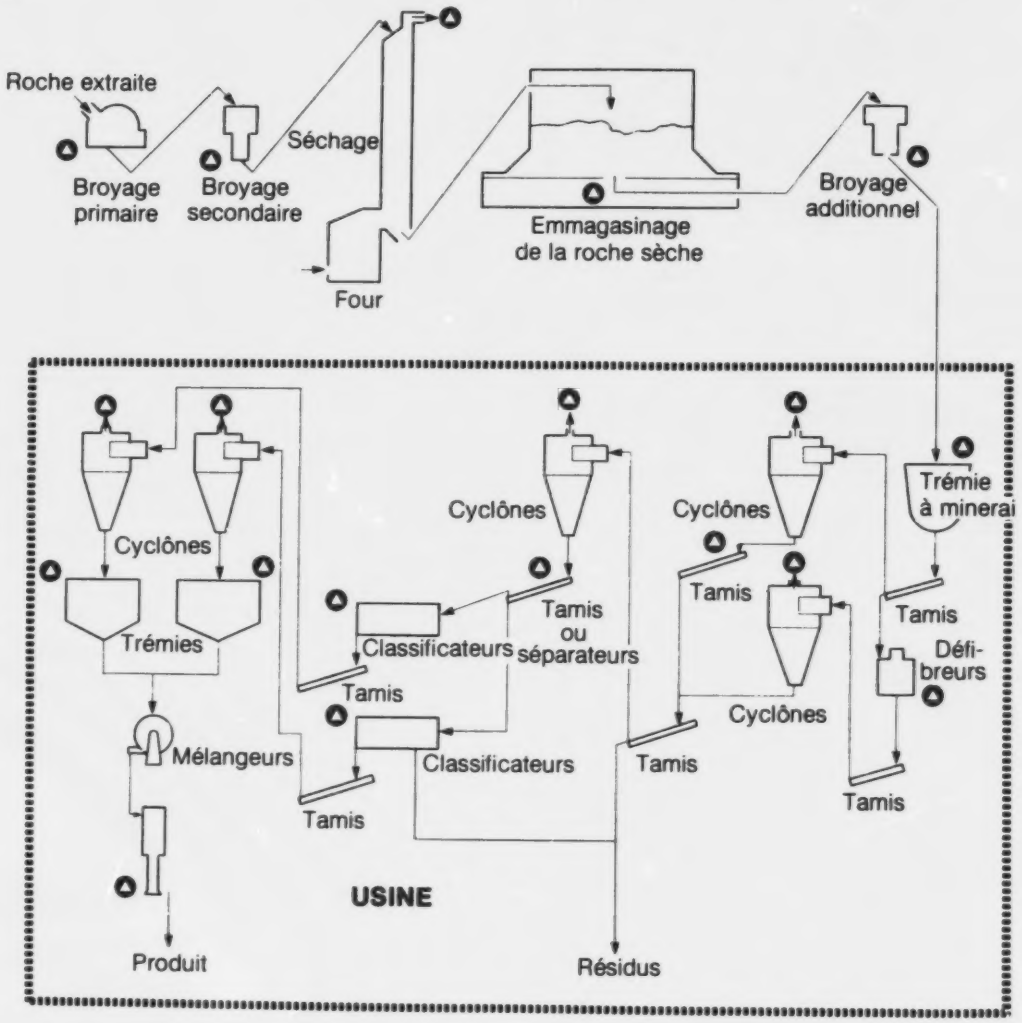


FIGURE 10. Diagramme du traitement du minerai d'amiante

Extrait de : Gagnon, 1977

données sur les pratiques actuelles de préparation et la production par province sont résumées aux tableaux 7 et 8.

Ces tableaux indiquent que tout le charbon métallurgique est enrichi dans des usines de traitement par voie humide. Le total combiné du charbon métallurgique et thermique actuellement traité par voie humide s'élève à environ 16 millions de tonnes par année, soit un peu plus de la moitié de la production totale du Canada.

Sables pétrolifères

Le déroulement du procédé d'enrichissement de la Sunoco Ltée (anciennement la Great Canadian Oil Sands Ltd.) est illustré à la figure 11. L'extraction du bitume des sables bitumineux se fait par eau chaude ou procédé Clark. Ce procédé tire profit du fait que les particules de sable sont humides et tendent à demeurer à l'état aqueux lorsqu'elles sont mélangées à de l'eau. À une température d'environ 85 °C, le bitume devient moins visqueux et dense, se détache et flotte à la surface de l'eau et des matières minérales.

Le procédé d'enrichissement comprend un procédé d'extraction à deux phases suivi d'une phase d'enrichissement comportant la cokéfaction, la production de pétrole brut synthétique et de gas-oil, et la désulfuration (Plitt, 1978). Au cours de la phase d'extraction « primaire », les sables pétrolifères sont mélangés à des conditionneurs (eau, soude caustique) dans un tambour rotatif et sont aspergés de vapeur pour ensuite passer sur des tamis vibrants dans des bassins de séparation. Avec ce procédé, plus de 76 p. cent des sables pétrolifères originaux deviennent des stériles (voir figure 11). L'extraction « finale » sert à éliminer l'eau et les matières solides retenues dans le bitume. La mousse produite au cours de la phase d'extraction primaire est chauffée à la vapeur, diluée avec de l'essence lourde (pour réduire la viscosité et la densité des hydrocarbures) puis elle est centrifugée. Le sable récupéré au cours de la centrifugation est remélangé avec de l'eau et pompé dans les étangs de rétention des stériles. On récupère un peu plus que 90 p. cent du bitume au cours de ces deux phases d'extraction.

« Le bitume dilué est distillé pour en retirer le diluant à base d'essence lourde ajouté précédemment et qui est ensuite recyclé dans l'usine de traitement. Le bitume est chauffé dans un tambour de cokéfaction à environ 500° C. Le coke se dépose dans le tambour et les hydrocarbures légers sont fractionnés en gaz légers, essence lourde, kérosène et gas-oil. Le gaz léger est désulfurisé et utilisé comme carburant et aussi pour la production d'hydrogène. Les trois éléments liquides sont ensuite versés dans un hydro-désulfuriseur où jusqu'à 99 p. cent du soufre restant est éliminé. Après traitement, les trois éléments liquides sont mélangés pour former du pétrole brut synthétique »...

« Environ 65 p. cent en poids (70 p. cent en volume) du bitume extrait sont transformés en pétrole brut synthétique. Le coke est utilisé pour produire de la vapeur et il sert de combustible dans une centrale thermo-électrique de 70 mégawatts. Le coke excédentaire (environ 400 tonnes par jour) est utilisé pour la construction de drains dans les digues retenant les terrils ou bien il est stocké en vue d'autres utilisations éventuelles. » (Plitt, 1978).

Le principal problème associé aux déchets du procédé d'enrichissement est leur élimination. Actuellement, ils sont stockés séparément mais à mesure que les travaux progressent ils seront déversés dans les zones exploitées. Les stériles contiennent environ 45 p. cent de matières solides (principalement du quartz) et environ 1 p. cent de bitume. La fraction grossière sert à la construction de digues. Le stockage des stériles des sables pétrolifères occupe des superficies considérables. D'après Simpson-Lewis et Coll., (1979),

« les produits résiduaires provenant de l'extraction à l'eau chaude d'une tonne de sable pétrolifère représentent un volume de 0,6 m³ alors que le vide créé par l'excavation ne représente que 0,4 m³. En raison de cette différence de volume, la zone minière régénérée sera finalement plus élevée de 18,2 mètres que le terrain originel[6].

Environ 5 à 10 p. cent des stériles sont des fines (< 44 microns) qui se déposent lentement et ont tendance à former une boue très volumineuse. Leur piètre pouvoir de décantation réduit la quantité d'eau pouvant être recyclée. Étant donné leur forte teneur en eau (69 p. cent), les boues gardent des caractéristiques fluides et doivent être stockées derrière des digues avec peu de possibilité de régénérer la couverture végétale. L'entreposage des boues contenant du pétrole est donc un problème à long terme.

D'après le volume de stériles, d'eau et de bitume évacué à chaque phase et celui des produits finals (voir figure 11), il est évident que la quantité de résidus provenant des procédés d'enrichissement des sables bitumineux (et la superficie nécessaire pour les stocker) est nettement supérieure à celle que produit toute autre forme de traitement des minéraux.

---

[6] Dans le cas de l'usine des sables pétrolifères Syncrude (15 900 m³ par jour), les bassins initiaux de décharge résiduaire auront une superficie d'environ 16 km² et un potentiel de réserves de sables pétrolifères de 111 à 127 milliards de m³. (Simpson-Lewis *et Coll.* 1979).

L'usine Suncor produit 65 000 barils de pétrole brut par jour, à partir de 139 512 tonnes de sables bitumineux. La nouvelle usine Syncrude est presque deux fois plus importante puisqu'elle a une production finale de 125 000 barils par jour à partir de 231 000 tonnes de sables pétrolifères. Un bassin de

Tableau 7
Pratiques de préparation du charbon au Canada en 1978

	Thermique		Métallurgique		Total	
Production canadienne	16,4 t x 10^6		13,9 t x 10^6		30,3 t x 10^6	
	Tonnes	%	Tonnes	%	Tonnes	%
Lavé	2,5	15	13,9	100	16,3	54
Tamisé à sec à la mine	1,1	7	—	—	1,1	4
Aucune préparation	12,8	78	—	—	12,8	42

Sources : Aylsworth, 1979 ; ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1979a

Tableau 8
Pratiques de préparation du charbon au Canada, par province, 1978

	N.-É.	N.-B.	Sask.	Alta.	C.-B.
Production totale (en 10^6 tonnes)	2,77	0,3	5,0	13,2	9,0
Charbon métallurgique	1,33	0,0	0,0	4,1	8,5
Charbon thermique	1,44	0,3	5,0	9,1[1]	0,5[2]
(en pourcent)					
Estimation du charbon métallurgique lavé	100			100	100
Estimation du charbon thermique lavé	89	45		7	100
Estimation du charbon thermique tamisé à sec à la centrale thermo-électrique	4	55	88	93	
Estimation du charbon thermique préparé à la mine	6		12	1	

(1) Total combiné des 8,5 millions de tonnes de charbon sub-bitumineux et des 0,6 million de tonnes de charbon bitumineux, vendues par la mine de Luscar Coal Valley à l'Hydro-Ontario.
(2) Environ 0,5 million de tonnes de charbon bitumineux vendues par Byron Creek à l'Hydro-Ontario.

Sources : Aylsworth, 1979 ; ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1979a ; Environnement Canada, 1979b

décharge initiale de 23 km² est prévu pour la première année d'exploitation jusqu'à ce que les stériles soient utilisés pour remblayer l'excavation. Cependant, étant donné le problème des boues résiduaires, il faudra probablement attendre quelque temps avant de trouver une solution heureuse pour la remise en état des terrains. Si l'exploitation de la troisième usine prévue (Alsands) est autorisée, sa production de 125 000 tonnes par jour fera augmenter considérablement la superficie de sol touchée dans la région de Fort McMurray (où se trouvent les sables pétrolifères de l'Athabasca).

Traitement ultérieur

Alors que la phase de l'enrichissement comprend une modification mécanique et physique du minerai, le traitement ultérieur ou métallurgie extractive en tant que phase culminante de la production consiste à modifier la nature chimique des minéraux pour isoler le métal de son sulfure ou d'autres composés (ex. oxydes, silicates, carbonates). Ces opérations se font dans des fonderies et des affineries qui ne sont normalement pas associées au complexe minier mais sont situées à un endroit où elles peuvent desservir plusieurs exploitations minières et bénéficier de moyens de transport appropriés pour la distribution du produit final.

Les objectifs des opérations de fonderie sont de réduire les concentrés en métal dans des fours à très haute température et d'éliminer ainsi la majeure partie des impuretés. L'affinage a trois buts ; il permet premièrement, de récupérer les métaux précieux et autres dans le minerai ; deuxièmement, d'obtenir un métal pour l'utilisation commerciale ; et enfin, d'éliminer toutes les impuretés délétères qui restent.

Méthodes de fonte et d'affinage

Les principales méthodes de fonte et d'affinage utilisées pour obtenir un métal à partir d'un concentré sont :

La pyrométallurgie. Procédé par lequel le métal est réduit de son sulfure en le chauffant à de très hautes températures dans des hauts fourneaux ou des fours à réverbère. La réaction est basée sur l'affinité décroissante d'un métal pour l'oxygène, le soufre etc., à mesure que la température augmente. Au Canada, la plupart des minerais traités de cette façon sont des sulfures contenant des quantités considérables de pyrite et de pyrrhotite.

L'électrométallurgie. Ce procédé utilise l'énergie électrique pour dissocier le métal du minerai et il est grandement utilisé dans le cas des minerais de cuivre, de plomb, de zinc et de nickel. L'aluminium (de la bauxite provenant d'autres pays) est traité de cette façon à Kitimat, en Colombie-Britannique, et à Arvida, au Québec.

Dans le procédé par électrolyse, les métaux sont affinés en les coulant dans des anodes qui sont placées dans un électrolyte dissous dans de l'eau ; le métal est ensuite transporté de l'anode à la cathode où il s'accumule, par un courant électrique, ou encore en utilisant une anode électriquement inerte et en déposant le métal sur la cathode à partir d'une solution purifiée d'un sel du métal (Northern Miner, 1968).

Bien qu'elle soit fondamentalement un procédé pyrométallurgique, la méthode électrothermique utilise des cornues électriques, des fours à arc électrique ou des fours à induction. Dans ce cas, c'est l'effet thermique qui est important. Les fours à arc électrique de l'industrie de l'acier sont les meilleurs exemples de ce procédé.

L'hydrométallurgie. Ce procédé est décrit dans le chapitre portant sur la concentration puisqu'il est généralement pratiqué sur le site même de la mine plutôt qu'à la fonderie.

Certains métaux peuvent être récupérés par l'une ou l'autre de ces méthodes tandis que d'autres peuvent nécessiter la combinaison de deux ou même trois procédés. Le tableau 9 indique les différentes méthodes de métallurgie extractive utilisées pour divers types de minerais traités au Canada.

Le traitement ultérieur dans la pratique

Le fait que plus d'un procédé métallurgique est nécessaire pour extraire un métal de son concentré est illustré par l'exemple généralisé suivant, qui porte sur la fusion et l'affinage du cuivre.

Fusion et affinage du cuivre. Le concentré provenant de la phase d'enrichissement a une teneur en cuivre d'environ 28 p. cent. Il est généralement sous forme de chalcopyrite minérale qui contient également du soufre, du fer et un peu de silice. Le concentré est ensuite transporté à la fonderie où se font le grillage, la fusion et le convertissage.

Le grillage. C'est essentiellement un procédé d'oxydation au cours duquel les sulfures sont transformés en oxydes lorsque le concentré est chauffé à des températures élevées en présence d'un air riche en oxygène. Une partie du soufre est brûlée et une autre fait fonction de combustible. Le produit final du grillage est principalement constitué de sulfure de cuivre. La teneur en cuivre est faiblement accrue et atteint environ 33 p. cent.

La fusion. Elle se fait lorsque le produit du grillage est mélangé avec un fondant et le mélange est introduit dans un four à réverbère fonctionnant à des températures supérieures à 1100 °C. La composition des fondants est définie par la composition de la gangue des minéraux contenus dans le minerai, des fondants siliceux sont utilisés par exemple dans le cas d'un minerai riche en carbonate de calcium et vice versa.

Le four produit deux phases liquides non miscibles :

En haut, de la scorie liquide de silicate de fer se forme lorsque les fondants réagissent avec les minéraux de la gangue ; et

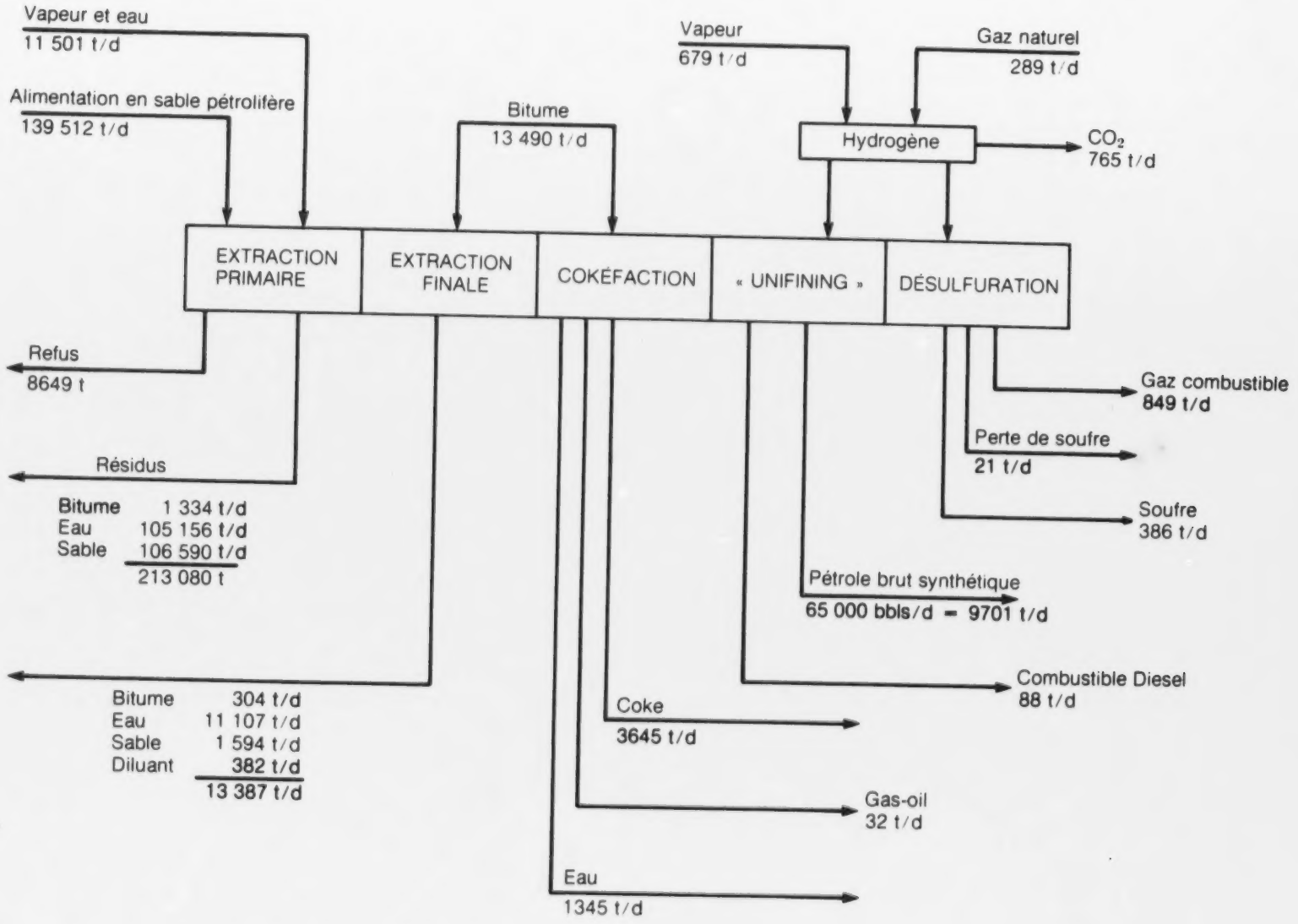


FIGURE 11. Schéma de principe de l'exploitation générale des sables pétrolifères de Sunoco

Source : Plitt. 1978

Au fond, une masse en fusion appelée matte de cuivre. Elle contient le cuivre, la majeure partie du fer, tous deux en combinaison chimique avec le soufre.

La matte produite contient également tous les métaux précieux qui étaient présents dans les concentrés. La scorie est retirée et évacuée et le cuivre qui reste a maintenant une teneur d'environ 45 p. cent.

La fonderie de cuivre de l'INCO à Sudbury (International Nickel Co. of Canada, 1976) donne une idée du volume de scories produites. La charge solide introduite dans les fours à oxygène à fusion éclair est de 1500 tonnes courtes de concentré de cuivre par jour et de 220 tonnes courtes de fondants par jour. Le four produit 920 tonnes courtes de matte de cuivre et 620 tonnes courtes de scories par jour. La superficie du site d'élimination des scories était d'environ 243 ha en 1976 (Murray, 1977*a*).

Convertissage de la matte. Cette opération commence par le transfert de la matte dans un convertisseur de cuivre (four) avec une plus grande quantité de fondant et des agents réducteurs. Là, la matte de sulfure de fer et de cuivre est oxydée pour produire du cuivre à soufflures (blister), en insufflant de l'air dans la matière en fusion tandis que le sulfure de fer s'oxyde en bioxyde de soufre et en oxyde de fer. Le bioxyde de soufre sort du convertisseur et est recueilli dans un récupérateur d'acide sulfurique. L'oxyde de fer réagit avec les fondants (silice) pour former une scorie siliceuse qui est recirculée dans la fonderie pour récupérer le cuivre résiduel. De l'air est réintroduit dans le convertisseur pour oxyder le sulfate de cuivre, et le bioxyde de soufre qui en résulte est recueilli dans des électrofiltres. La faible quantité de cuivre qui n'est pas récupérée dans les électrofiltres s'échappe par la cheminée. Le cuivre à soufflures titre environ 98 p. cent.

Affinage. Les saumons de cuivre à soufflures sont affinés pour élever la pureté du métal et récupérer les métaux précieux qui restent. Au Canada, la majeure partie de l'affinage se fait par électrolyse puisque la pyrométallurgie ne permet pas de récupérer des quantités résiduelles d'or, d'argent, de sélénium et de tellure, etc. De plus, on obtient par électrolyse du cuivre très pur.

Dans l'affinage par électrolyse, des plaques de cuivre servent d'anodes et sont immergées dans une cuve contenant une solution de sulfate de cuivre et d'acide sulfurique dilué. Une tôle fine de cuivre pur est également placée dans la cuve pour servir de cathode.

On fait passer un courant électrique dans la cuve et le cuivre s'accumule sur les cathodes sous une forme très pure. Les cathodes sont ensuite enlevées et fondues, et le métal est coulé sous une forme commerciale. Les impuretés inactives comme l'or et l'argent se détachent des anodes et tombent au fond de la cuve et constituent les boues anodiques qui sont traitées par un procédé distinct.

Avec l'affinage pyrométallurgique, les saumons de cuivre à soufflures sont refondus dans des fours à réverbère et on insuffle de l'air pour oxyder certaines des impuretés et former du cuivre contenant de l'oxygène. Le cuivre est ensuite polarisé pour éliminer l'oxygène excédentaire.

Les principaux résidus de la phase du traitement ultérieur consistent principalement en scories de fonte et d'affinage mais, par rapport aux quantités de stériles produites au cours de l'étape de l'enrichissement, ils sont environ 15 fois moins importants en poids (Ripley et coll., 1978). Les scories contiennent ordinairement un tiers de chacun des éléments suivants : oxydes métalliques, silice et oxydes de fer (Dennis, 1965). Contrairement aux stériles des usines des mines, les scories sont généralement plus stables et chimiquement inertes, et leur volume étant relativement peu élevé, elles perturbent moins l'environnement. Par conséquent, leur élimination cause moins de problèmes puisqu'il faut une moins grande superficie de terrain pour les stocker. En raison de leur nature inerte et de leur structure généralement stable, les scories sont très utilisées comme matériaux de construction, ce qui permet de réduire encore la superficie des décharges.

Résidus miniers

La figure 12 donne un diagramme composite et généralisé du mouvement des matières au cours des phases d'extraction, d'enrichissement et de traitement ultérieur d'une mine type de métaux non précieux. Bien que le pourcentage moyen des résidus indiqué sur cette figure soit trompeur puisqu'il varie considérablement dans cette industrie, il donne tout de même une indication de la quantité de déchets produits au cours de la production d'un métal en fonction de la nature des minerais extraits. Néanmoins, les résidus émis dans l'atmosphère et dans l'hydrosphère sont assez typiques, tout comme les volumes de déchets solides. Le tableau 10 donne un aperçu des principaux déchets produits et de leurs caractéristiques. Ce tableau indique également la quantité de boue et de poussières recueillies par les installations de lutte contre la pollution de l'air et de l'eau. En moyenne, les minéraux recherchés constituent seulement 2 p. cent de toute la quantité de minerais extraits des gisements métallifères (1,13 p. cent pour le cuivre, 1,41 p. cent pour le nickel, 2,08 p. cent pour le plomb et 5,11 p. cent pour le zinc). Le reste consiste en déchets : 50 p. cent de déchets rocheux, 44 p. cent de stériles et 4 p. cent de scories (Ripley et coll., 1978). En général, plus les minéraux sont rares plus il faut extraire de matières stériles et plus il y a de déchets.

Cela est particulièrement vrai pour de nombreuses mines non métallifères où les stériles produits au cours de l'enrichissement peuvent atteindre 35 p. cent (charbon), 59 p. cent (potasse),

Coulée d'acier d'un four Martin à la Defasco Ltd., Hamilton (Ont.)
Photographie : George Hunter, fournie par : photothèque de l'ONF

Entrepôt de l'affinerie Coppercliff, Sudbury (Ont.)
Photographie : Karl Sommerer, fournie par : photothèque de l'ONF

98 p. cent (amiante) et 99 p. cent (uranium) (Ripley et coll., 1978). Les problèmes que pose l'élimination des stériles des usines sont aggravés par la diminution de la densité et l'accroissement correspondant du volume de la matière originale au cours de la phase d'enrichissement. L'exploitation accrue de mines à ciel ouvert pour l'extraction de minerais pauvres qui produisent encore plus de stériles ajoute encore à ces problèmes. C'est surtout le cas en Colombie-Britannique où la production annuelle de déchets rocheux et de stériles (sans compter le sable, le gravier et l'exploitation de placers) dépasse maintenant 300 millions de tonnes (Collings, 1979). Comparativement, le Québec a produit 140 millions de tonnes et l'Ontario 80 millions de tonnes (Collings, 1975, 1977). Ensemble, ces trois provinces ont produit plus des deux tiers des résidus miniers au Canada qui totalisent un peu plus de 800 millions de tonnes (Collings, 1979).

En 1977, à l'exception des sablières et des gravières, 64 p. cent de toutes les mines de la Colombie-Britannique étaient des mines à ciel ouvert. En Ontario, par contre, 60 p. cent des mines étaient des mines souterraines, 75 p. cent dans le cas des mines métallifères (ces chiffres sont valables également pour les mines métallifères du Québec).

Cependant, le Québec et l'Ontario diffèrent par la quantité considérable de déchets rocheux et de stériles produits dans les exploitations à ciel ouvert de minerai de fer et d'amiante. L'utilisation accrue des

Tableau 9
Méthodes de métallurgie extractive utilisées au Canada, par type de minerai

Type de minerai	Métal	Méthode d'extraction		
		Pyrométallurgie	Hydrométallurgie	Électrométallurgie
Quartz	or		X	
	argent	X	X	X
Oxydes	calcium	X		
	cuivre		X	
	minerai de fer	X		
	magnésium	X		
	silice	X		
	thorium		X	
	titane	X		
	tungstène		X	
	uranium		X	
Sulfides	antimoine	X		
	bismuth	X		
	cadmiun			X
	cobalt	X	X	X
	cuivre	X		X
	indium	X	X	X
	plomb	X		X
	mercure	X		
	molybdène	X		
	nickel	X		X
	métaux de platine		X	
	rhénium		X	X
	sélénium		X	X
	tellure		X	X
	zinc	X	X	X

Source : Ripley et coll., 1978

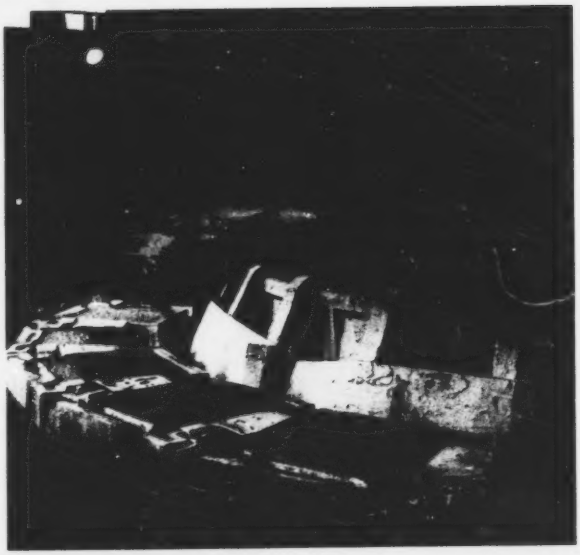
méthodes à ciel ouvert pour l'extraction des métaux ainsi que des méthodes d'exploitation par gradins ou en découverte pour le charbon continuera donc d'augmenter les exigences en matière de sol et influera davantage sur les utilisations des sols avoisinants. Outre le grand volume de déchets miniers accumulés chaque année, plus de 4,55 milliards de litres d'eau sont utilisés chaque jour dans les exploitations minières au Canada, ce qui entraîne de graves problèmes de contamination associés aux eaux de percolation et à la séparation des boues dans les bassins à stériles. (Association minière du Canada, 1979). L'annexe VI contient les données de deux études sur les déchets miniers, indiquant la superficie moyenne occupée par ces derniers et les mines à ciel ouvert, au Canada.

Utilisation des déchets

La très grande majorité des déchets produits par les activités minières et le traitement minéral au Canada ont été empilés en terrils très peu esthétiques, pouvant souvent entraîner une dégradation de l'environnement. Ainsi, toute tentative d'utiliser ne serait-ce qu'une infime partie de ces déchets miniers atténuerait les problèmes environnementaux associés à leur élimination et contribuerait à la conservation des ressources minérales tout en réduisant les demandes futures sur les réserves minérales encore non exploitées.

L'intérêt suscité par l'utilisation des déchets miniers n'est pas nouveau mais il s'est accru au cours des dix dernières années. Aux États-Unis, les recherches ont commencé dès les années 1920 et cette question est devenue prioritaire au début des années 1960 (Collins et Miller, 1979). Collings (1975) souligne qu'au Canada, plusieurs facteurs ont stimulé la recherche de moyens techniques rentables d'utilisation des déchets miniers : la crainte des pénuries d'énergie et l'augmentation des coûts qui a suivi ; l'épuisement rapide des ressources non renouvelables, principalement de celles qui se trouvent dans les endroits les plus accessibles ; l'augmentation des coûts du traitement et du transport ; les lois et règlements restreignant l'extraction minière près des grands centres urbains ; et enfin, la pollution de l'environnement. Cependant, la recherche et la création de moyens permettant d'utiliser rentablement les déchets miniers constituent un problème complexe qui oblige normalement à faire les démarches suivantes (Down et Stocks, 1977) :

- Localiser, quantifier et classer des déchets ;
- Déterminer des utilisations existantes, s'il y en a ;



Coulage d'anodes de cuivre
Photographie fournie par la photothèque de l'ONF

- Étudier les problèmes techniques entraînés par l'utilisation des déchets dans un procédé de fabrication et établissement du coût des produits et de leur aptitude à répondre aux exigences ;
- Étudier les facteurs techniques et économiques de la récupération ; et
- En fonction des résultats obtenus, évaluer la demande régionale possible et les facteurs économiques associés à la satisfaction de cette demande, principalement en ce qui a trait à la concurrence avec les produits déjà sur le marché.

Vers la fin des années 1960, la Direction des mines (maintenant le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie) a entrepris des études sur l'utilisation des déchets miniers. En 1971, le laboratoire des sciences minérales du CANMET a commencé à dresser un inventaire des déchets miniers pour identifier, caractériser et évaluer les principaux déchets miniers (Collings, 1979). Ces études devaient se terminer vers la fin de l'année 1980.

Actuellement, un très faible pourcentage des déchets miniers est utilisé au Canada : pour le remblayage ; comme source de granulats broyés et tamisés ; ou pour récupérer les minéraux utiles résiduels (voir tableau 10). Vu l'éloignement des mines, et les coûts élevés de transport, la plupart de ces déchets sont utilisés sur place. D'autres facteurs économiques importants qui influent sur leur

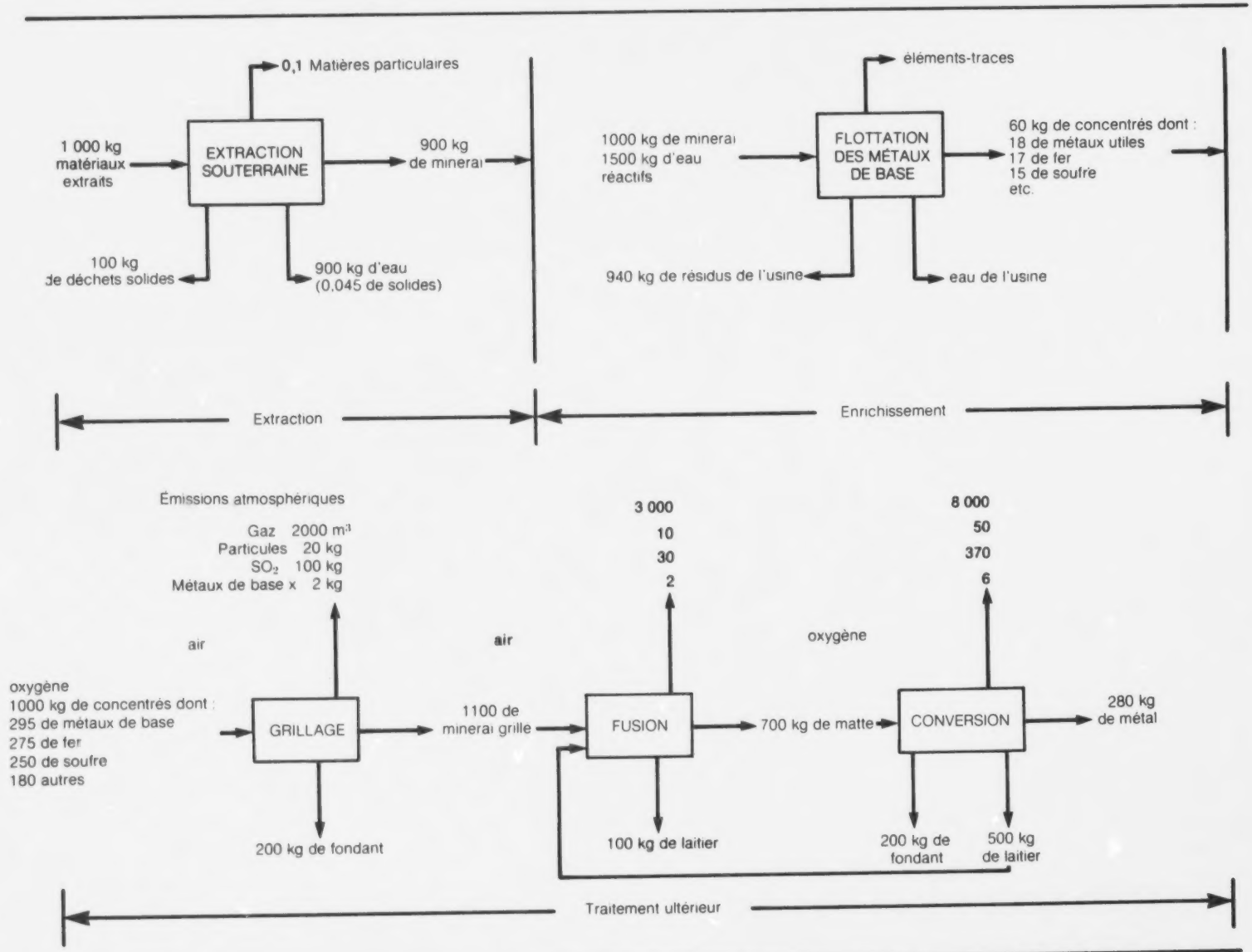


FIGURE 12. Diagramme composite et généralisé du mouvement des matériaux au cours des phases d'extraction, d'enrichissement et de traitement ultérieur d'une mine type de métaux de base

Source : Ripley et coll., 1978

Tableau 10

Classification et caractéristiques des déchets miniers

	TYPE		
	Morts — terrains	Gangue ou stériles	Résidus de mines et d'usine
Description	Terrain qui doit être enlevé pour exposer l'assise rocheuse ou le gîte minéral. Est généralement constitué de terre, de sable, d'argile, de schiste, de gravier, de galets, etc. Généralement enlevé par dragline, décapeuse, bouteur ou autre équipement de terrassement, transporté et empilé, généralement en rangées, cônes ou longs talus.	Matériaux grossiers autres que les morts-terrains n'ayant aucune valeur, qui doivent être concassés et enlevés pour obtenir le minerai. Souvent enlevés avec les morts-terrains et entassés en terrils. Généralement homogènes pour chaque exploitation minière, mais ils peuvent être très différents d'une mine à l'autre, même lorsque c'est le même type de minerai qui est extrait.	Les résidus sont de fines particules éliminées après la concentration et la récupération du minéral utile des gîtes métallifères et non métallifères. Ils sont généralement sous forme de boues aqueuses, transportées par pipeline ou canal et déposées dans des bassins de décantation ou dans une étendue d'eau naturelle ou encore dans les deux. L'effluent est décanté, traité et peut être recirculé dans l'usine.
Caractéristiques	Hétérogène et non consolidé. Consiste en deux éléments : *1)* Couche arable pédogène oxydée et météorisée, formant une structure à profil stratifié, couverte de végétation. *2)* Matériau de sous-sol non altéré qui n'a pas subi l'influence des processus de météorisation et d'oxydation (facteur de formation du sol). Contient très peu de matière organique sinon aucune ; ne peut maintenir la croissance des plantes. La couche supérieure est enlevée dans les exploitations houillères, sablières et gravières, extraction des sables bitumineux, etc.	De différente taille selon les variations des gîtes et les techniques d'extraction (cailloux à gravier). En général, peuvent être réduits à la granulométrie désirée par simple broyage et tamisage. Certains déchets rocheux peuvent encore contenir du métal et donc être considérés comme une ressource éventuellement exploitable.	La composition minéralogique correspond généralement à celle de la roche-mère de laquelle le minerai a été extrait. Il est difficile d'établir une généralisation des caractéristiques en raison de la grande variété des types de roche-mère et de techniques de traitement. Les résidus sont pour la plupart composés de particules siliceuses angulaires et dures avec une forte teneur en fines (40 à 90% de granulométrie ,074 mm). Généralement, plus de 90% du minerai original reste sous forme de résidus après le traitement. Varient de la taille du sable à celle de poussière mais peuvent être plus gros ; peuvent contenir des sulfures. Très répandus dans les mines de métaux communs, ferreux et précieux, ainsi que dans les exploitations de minerai non métallifère.
Utilisation	Remblai pour les routes, matériau de construction, terrassement, remise en état des terrains, construction de barrage, canaux de drainage. Contient probablement très peu de matières nutritives pour les plantes, de matières organiques, et peut être acide ou avoir des limites quant à sa texture et à sa salinité.	Utilisés à l'occasion comme matériaux de remblai ou de construction de berges, leur seule utilisation possible importante est en tant que granulat de construction. Remblai de mines, remblai de routes.	Source possible de métaux et de minéraux, par exemple les résidus aurifères et argentifères, de matières premières pour les matériaux de construction, les fertilisants, les additifs, les remplisseurs minéraux et les produits chimiques. Les résidus grossiers servent à remblayer les mines, faire des mélanges pour revêtement de route ou des digues.

Tableau 10 (suite)

	TYPE			
	Déchets de charbon	Déchets de carrières	Scories métallurgiques	Déchets de laverie : boues, schlamms
Description	Les déchets du traitement et du lavage du charbon. Ils sont généralement produits et éliminés sous forme de particules grossières et fines. Les déchets grossiers (granulométrie de 100 m à 2 mm) sont à l'état de solides tandis que les déchets fins (moins de 2 mm) sont éliminés à l'état de boues.	Matériaux indésirables provenant des carrières de pierre, des sablières et des gravières, et consistant en une variété de déchets d'excavation, d'abattage, de broyage et de triage.	Sous-produits de la fusion et de l'affinage des minerais métallifères, principalement du fer et de l'acier, du cuivre, du plomb, du nickel et du zinc. Trois types : haut fourneau, acier et métaux lourds.	Provenant des procédés pour lesquels de grandes quantités d'eau sont utilisées, sous forme de boues à faible teneur en matières solides. Entreposés dans des bassins de décantation, ces déchets continuent à avoir une forte teneur en eau, même après de longues périodes d'assèchement. Également des matières solides instables produites par le lavage de déchets gazeux et de produits métalliques. Principalement ceux qui proviennent des lavoirs et des cyclones utilisés dans les systèmes de dépoussiérage.
Caractéristiques	Constitués de quantités variables de minéraux de type ardoise, schiste, grès ou argile qui se trouvent dans la couche de charbon ou à côté, et de charbon qui n'a pas été séparé au cours du traitement. Les déchets du charbon peuvent contenir une certaine quantité de minéraux contenant du soufre, produisant ainsi des émissions acides lorsqu'ils sont exposés à l'eau et à l'air. On peut trouver des déchets acides dans les mines de charbon des provinces de l'Atlantique.	Grande variété de déchets hétérogènes et non consolidés comprenant la couche superficielle, le sous-sol, la pierre de piètre qualité, des déchets du broyage et du tamisage, et la poussière recueillie dans les dépoussiéreurs ou les cyclones.	*Scories de haut fourneau* : C'est un sous-produit non métallique consistant essentiellement en silicate de chaux et d'autres éléments basiques. Les scories refroidies à l'air sont les plus courantes ; elles sont légères, dures, angulaires, de forme particulaire entrelacée, très durables et résistantes ; c'est une bonne source de granulat. *Scories d'acier.* Trois sources : oxydation, arc électrique et four à sole. Les scories sont généralement résistantes à l'abrasion, angulaires et vésiculaires, plus denses que la scorie des hauts fourneaux et refroidies à l'air. Elles ont tendance à se dilater en raison de leur forte teneur en chaux vive qui s'hydrate rapidement. *Scories des métaux non précieux.* De cuivre, de plomb et de zinc refroidies à l'air ou granulées, scories caractérisées comme silicates ferreux ; de nickel, sous forme de silicates de calcium ou de magnésium.	Les déchets solides sont généralement sous forme de boues. Les schlamms ont une teneur très faible en matières solides et décantent très lentement. Ils ont donc une utilité très limitée.
Utilisation	Très peu d'utilisations possibles sinon aucune. Remblayage, terrassement et quelques applications en construction. Certains déchets sont traités en vue de la récupération du charbon résiduel comme combustible pour les centrales thermo-électriques (par exemple Stellarton, N.-É.).	Utilisés pour différents travaux de remblayage sur le site même ou près de celui-ci. La couche de couverture et les morts-terrains sont utilisés pour les travaux de terrassement, la construction de bermes ou pour la remise en état ou le réaménagement du terrain.	Les scories des hauts fourneaux sont très utilisées comme matériaux de construction. Revêtement des routes, liant pour asphalte, remblai, remblayage structurel, etc.	Peu d'utilisations jusqu'à présent.

Sources : Collings, 1975 ; Murray, 1977a et Collings et Miller, 1977.

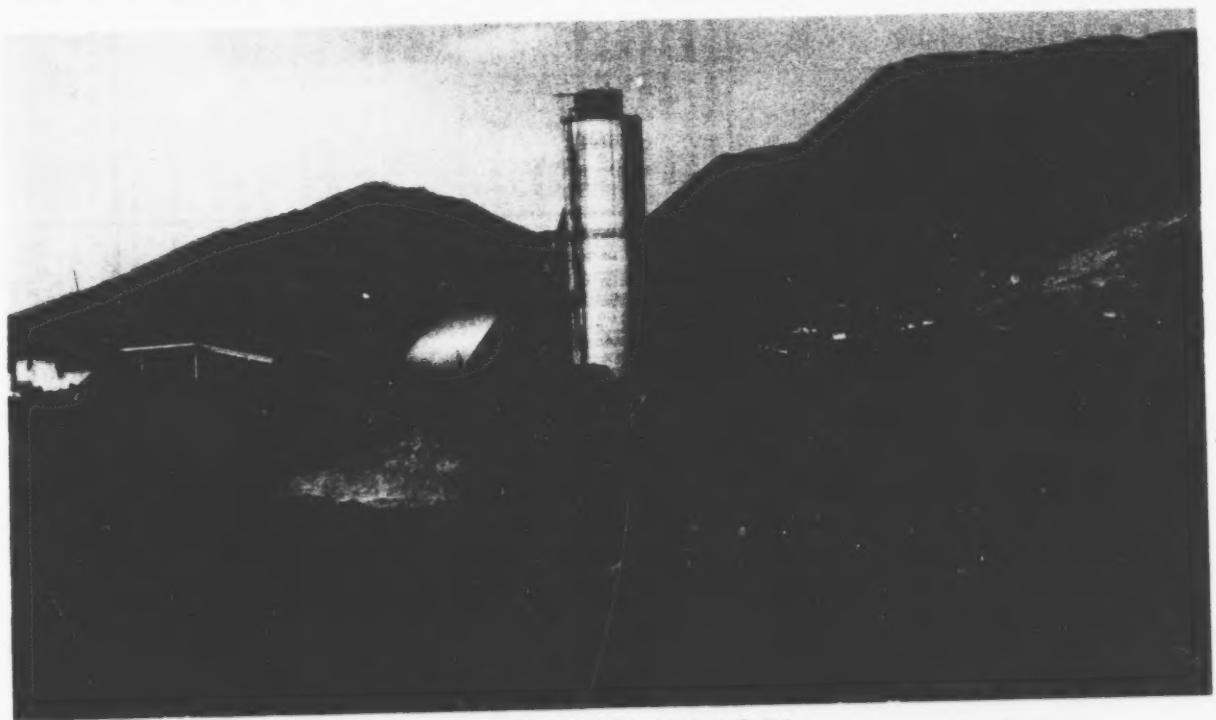
utilisation sont la valeur des matières, le coût des matières compétitives, la demande du marché, les coûts comparatifs de l'élimination et les conséquences néfastes de leur utilisation sur l'environnement.

Sur le site de la mine, les déchets rocheux sont utilisés pour le remblayage ou la construction de routes. Dans le cas des mines souterraines, la majeure partie de ces déchets servent a remblayer les vides. D'après une enquête récente sur les mines (Canadian Mining Journal, 1980), parmi les 49 mines souterraines considérées, 16 ne produisent aucun déchet rocheux et dans le cas des 33 autres, seulement 6 p. cent de toute la matière extraite étaient des déchets rocheux. Un grand nombre de ces mines souterraines utilisaient leurs déchets et leurs stériles comme remblai. La superficie des terrils de déchets rocheux dépasse rarement 5 ha dans les mines souterraines alors que dans les mines à ciel ouvert elle est généralement supérieure à 75 ha (voir annexe II). Il est très rare qu'on utilise de grandes quantités de déchets rocheux dans les mines à ciel ouvert.

Le récent rapport sur les déchets miniers en Colombie-Britannique (Collings, 1979) révèle que les déchets rocheux d'une ancienne mine de fer à ciel ouvert (Texada Island) sont actuellement tamisés et transportés à Vancouver où ils sont vendus comme ballast pour les voies ferrées et granulats pour le ciment. La roche provenant du concentrateur Sullivan de la Cominco est utilisée comme ballast pour voies ferrées ; et la mine Phoenix de la Granby Corporation extrait les 0,15 à 0,25 p. cent de cuivre non récupéré des déchets rocheux depuis que les réserves de sa mine à ciel ouvert sont épuisées.

Outre le remblayage des mines, les fractions de sable grossier des stériles des usines peuvent servir de matériaux de construction à condition qu'il n'y ait pas de polluants toxiques dans les stériles. Le manque de cohésion et la sensibilité à l'érosion des stériles empêchent leur utilisation à d'autres fins. Certains stériles reçoivent actuellement un second traitement en vue de l'extraction de l'or qu'ils contiennent, suite à l'escalade des prix de ce métal au cours des deux dernières années. La Texasgulf a commencé à stocker le concentré de pyrite à raison de 500 000 tonnes annuellement à Timmins en vue d'une utilisation future (Collings, 1975). Des essais se poursuivent sur les stériles d'amiante puisqu'ils contiennent de 5 à 10 p. cent de courtes fibres d'amiante et d'importantes quantités de magnésium, de nickel, de chrome et de fer (Collings, 1977).

Tous les déchets qui ne peuvent pas être recyclés économiquement sont finalement évacués de façon permanente en les accumulant au-dessus du



Installations pour la préparation du charbon à la Fording Coal Ltd., Elkford (C.-B.)
Photographie : Ian B. Marshall, Environnement Canada

sol ou en les enfouissant. La forme d'élimination varie considérablement et les conséquences environnementales peuvent être acceptables ou désastreuses selon les techniques et les pratiques de gestion utilisées au cours de l'exploitation et après la fermeture des mines.

Étant donné les effets néfastes que les déchets ne cessent d'avoir sur l'environnement par le drainage des mines acides, les stériles contenant des sulfures, les particules d'amiante, le lessivage de métaux lourds ou les dangers des stériles radioactifs d'uranium, il est essentiel de prendre des précautions à long terme au cours de l'étape de la production en vue de l'abandon ou de la remise en état de la mine. Williams (1975) préconise les précautions suivantes pour l'élimination sécuritaire des déchets miniers :

- Protéger les eaux souterraines contre l'effet nocif des eaux de percolation provenant des terrils ;
- Protéger les eaux de surface contre l'accumulation de matières solides dissoutes produites par l'érosion et la corrosion des terrils ;
- Empêcher l'érosion éolienne qui entraîne des problèmes de poussières ; et
- Protéger les hommes contre les catastrophes causées par les inondations ou les séismes.

La plupart des problèmes de l'élimination des déchets miniers sont traités, à l'aide de procédés de stabilisation et de remise en état ou de restauration du site planifiée à long terme, au cours de l'étape de l'après-production.

ÉTAPE DE L'APRÈS-PRODUCTION

Les activités minières ont un impact important sur la qualité des ressources foncières et par suite, sur la valeur que l'on peut en tirer. Faute de dispositions adéquates pour protéger les sols voisins et de plans de remise en état de la mine, les sols touchés perdent de la valeur ou deviennent même inutilisables. L'inquiétude suscitée chez le public par les effets de l'exploitation minière et la perte possible d'autres ressources environnementales a entraîné un changement considérable dans la durée et l'envergure de l'exploitation minière au cours des dix dernières années. Elles se sont traduites principalement par de nouvelles exigences réglementaires touchant la protection environnementale et la gestion des ressources au cours de l'étape de l'après-production. Bien que les exploitants aient toujours été tenus responsables (à différents degrés selon les provinces) de l'état dans lequel ils laissent un site minier à la fin de l'exploitation, la majorité des travaux faits en ce sens par le passé consistaient à effectuer un nettoyage général ou à satisfaire aux normes minimales d'hygiène et de sécurité.

De nos jours, la plupart des règlements provinciaux et territoriaux obligent les exploitants à remettre les sols exploités dans un état qui permette de les réutiliser ou qui soit agréable à la vue. Certains exploitants pensent encore que la remise en état ne fait pas partie intégrante du processus minier mais, à la suite de la nouvelle réglementation, elle a été intégrée aux étapes de préplanification et d'exploitation. Ainsi, si elle se fait au fur et à mesure, elle est plus efficace et moins onéreuse que si elle est considérée comme une opération distincte à la fin de la phase d'exploitation. Les plans contenant les dispositions relatives à la fermeture de la mine et établis avant l'étape de production sont quelquefois appelés « plans en vue de l'abandon final ». Ils répondent aux exigences réglementaires ou aux directives proposées et le résultat est loin d'être un simple maquillage après l'exploitation.

La plupart des programmes de remise en état sont mis en application pour les raisons suivantes (Falkie et Saperstein, (1971) :

— *Possibilité d'utilisation multiple.* Éviter la perte de la valeur de surface intrinsèque à tout terrain.

— *Éviter de déplaire au public.* Rendre le site de la mine le plus plaisant possible pour les voisins. L'atténuation des impacts ainsi que l'utilisation de bonnes techniques de remise en état et de conservation constituent d'importants facteurs qui permettent de réduire l'opposition publique au développement minier.

— *Facteurs esthétiques et conditions de travail.* Améliorer les conditions de travail des employés sur le site de l'usine.

— *Ingénierie et lutte contre la pollution.* Stabiliser les pentes dangereuses, réduire l'érosion, la sédimentation et la pollution, etc.

Fermeture temporaire de la mine

Lorsqu'une mine est fermée en raison des mauvaises conditions du marché et que toutes les installations d'exploitation sont laissées sur place, il s'agit généralement d'une fermeture temporaire. Dans

ce cas, l'équipement et les bâtiments sont entretenus par les compagnies en vue de la reprise des activités. Les mesures relatives à l'hygiène et à la sécurité sont extrêmement importantes et comportent normalement les exigences suivantes :

- Les mines à ciel ouvert et les entrées des puits souterrains doivent être clôturées pour empêcher que le public y ait accès ;
- Les zones perturbées doivent être exemptes de tout danger comme des pentes instables, la présence d'explosifs ou de matières toxiques ;
- Le site de la mine doit être exempt de débris, de déchets, d'équipement ou autres résidus ;
- Les terrils de déchets rocheux, les stériles et les bassins de décantation ne doivent présenter aucun danger, et la solidité des digues des bassins de décharge ou des installations de retenue des stériles doit être assurée. Au besoin, la pente des terrils doit être atténuée pour les rendre plus stables ou bien ils doivent être consolidés par d'autres techniques (scellants et régénération de la couverture végétale) ;
- Lorsque l'érosion des terrils est évidente, des techniques de stabilisation doivent être adoptées, notamment l'utilisation de scellants ou la régénération de la couverture végétale selon la durée de la fermeture ou les exigences réglementaires ; et
- Lorsque la stabilisation n'est pas possible, des mesures doivent être prises pour contenir et traiter les eaux de drainage contaminées tant qu'il y a contamination.

Les mesures de surveillance établies au cours de l'étape d'exploitation doivent être maintenues. Ces mesures portent généralement sur le drainage de la mine, les effluents de l'usine, le drainage des eaux de surface contaminées, les eaux de percolation des bassins et des décharges, les terrils, l'érosion et la sédimentation, tout changement nuisible apporté aux écosystèmes aquatiques et terrestres, et des mesures appropriées doivent être prises pour sceller ou éliminer les sources d'eaux contaminées ou de polluants atmosphériques.

Le degré d'application de ces mesures dépend d'abord des exigences de chaque province et ensuite, s'il y a lieu, des règlements fédéraux. Dans bien des cas, la régénération de la couverture végétale comme moyen de stabilisation et d'amélioration esthétique peut s'avérer impraticable et très coûteuse lorsqu'il s'agit d'une fermeture temporaire. C'est particulièrement vrai dans le cas des terrils qui seront réactivés.

Fermeture permanente

La fermeture permanente d'une mine a généralement lieu lorsque le gisement est épuisé et que toute activité minière a cessé. Il arrive que l'usine d'une mine continue à fonctionner parce qu'elle est alimentée par de nouvelles mines de la région. Cependant, afin d'éviter des problèmes permanents de dégradation et de pollution du milieu, il faut procéder au nettoyage et à la remise en état de tout ce qui a été perturbé, que ce soit des mines à ciel ouvert, des travaux souterrains, des terrils, des entassements de résidus, des bassins de décantation, des constructions ou des réseaux de drainage. L'objectif principal des plans d'abandon final est de trouver le meilleur moyen de réparer tous les effets nuisibles que les activités minières ont eu sur les sols et les ressources en eau aussi bien sur le site de la mine qu'aux alentours. De nombreuses difficultés possibles peuvent être facilement aplanies au cours de la phase de nettoyage général, mais l'effort doit porter sur les mesures de remise en état des terrains. Ces dernières ont toujours un effet bénéfique sur la qualité de l'eau et le bien-être public.

L'intégration officielle des mesures de remise en état des terrains dans le processus minier est relativement récente au Canada ; en effet, elle a été rendue obligatoire à la fin des années 1960 et au début des années 1970. Auparavant, la remise en état se bornait à des travaux de nettoyage à la fin de l'exploitation d'une mine ; maintenant, elle est devenue un élément majeur du plan global de conception d'une mine. Dans le cas des mines à ciel ouvert (de charbon, par exemple), la coordination des plans d'extraction et de remise en état des terrains est essentielle puisque d'importantes quantités de morts-terrains doivent être enlevées et replacées de façon sélective afin que le terrain puisse être réutilisé.

Les règlements actuels exigent que des plans de remise en état soient établis dès le début de l'exploitation d'une mine, souvent sous forme de travaux expérimentaux, de stabilisation et d'emplacement sécuritaire des stériles, et d'un programme général pour minimiser la dégradation physique et chimique de la surface des terres. Dans la plupart des cas, les coûts de la remise en état sont à la charge de l'exploitant de la mine et font donc partie des coûts de production. Ainsi, les exploitants miniers doivent établir les dispositions et le coût d'un plan de remise en état du site de la mine en fonction de la durée prévue de la mine au moment du

développement (Pêches et Environnement Canada, 1977).

À la suite de la publication de lignes directrices ou de normes en vertu de divers règlements ou lois prescrivant le nettoyage et la remise en état des mines abandonnées, les plans de remise en état sont devenus beaucoup plus complexes et plus poussés qu'il y a dix ans. L'annexe IV donne deux exemples des exigences maintenant considérées comme essentielles à la fermeture d'une mine. Le premier exemple porte sur les lignes directrices relatives à la remise en état d'une mine métallifère qui ont été émises en Colombie-Britannique en vertu de l'article II de la Mines Regulation Act (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pétrolières de la Colombie-Britannique, 1979), ainsi que sur les exigences générales relatives au nettoyage général, aux bassins de retenue, aux terrils et aux zones d'excavation. Le deuxième exemple donne les critères de remise en état recommandés pour les perturbations en surface en Alberta.[7] Ces critères portent surtout sur l'extraction à ciel ouvert du charbon, un peu moins sur les agrégats minéraux, et ils doivent être utilisés comme guide lors de l'établissement des plans de remise en état.

Dans ces lignes directrices et critères, il est présumé que des mesures seront prises volontairement pour minimiser les perturbations terrestres et que l'exploitant a évalué les problèmes environnementaux possibles et qu'il a effectivement incorporé des pratiques environnementales appropriées dans son plan d'exploitation. Il est prévu de mener un programme d'observation et d'expérimentation à l'aide des meilleures techniques possibles pour déterminer les méthodes d'exploitation et de remise en état du site minier les plus satisfaisantes. Dans certaines provinces, des objectifs additionnels sont proposés en vue d'une réutilisation précise du sol. Par exemple, un projet d'exigences particulières pour l'agriculture, l'industrie du bois d'œuvre et l'habitat de la faune a été présenté en Alberta (communication personnelle, Division de la conservation et de la remise en état des terres du ministère de l'Environnement de l'Alberta, 1977). L'importance de ces nouveaux règlements, lignes directrices et normes réside dans le fait que l'étape de l'après-production ne peut plus être considérée comme une simple opération de nettoyage. En effet, la remise en état du terrain est devenue le point central de tout le programme d'abandon de la mine.

[7] Ces critères font partie de l'ouvrage intitulé « Guidelines for the Reclamation of Land in Alberta », publié par le Land Conservation and Reclamation Council of Alberta en 1977.

Régénération de la couverture végétale sur des morts-terrains à la B.C. Coal Ltd., Sparwood (B.-C.)
Photographie : Ian B. Marshall, Environnement Canada

Remise en état des terrains

Les termes de remise en état, réadaptation, restauration et régénération de la couverture végétale ont souvent été utilisés comme des synonymes pour décrire les travaux de nettoyage et d'amélioration faits sur les sols perturbés. *Par remise en état*, on entend dans la présente étude tous les procédés qui favorisent la conservation et l'utilisation productive des sols détériorés ou perturbés. Cette remise en état signifie que le site peut à nouveau servir d'habitat aux organismes qui y vivaient avant l'exploitation minière (Académie nationale des sciences, 1974) et comprend tout traitement à l'exception de la restauration.

La restauration est définie comme l'action de recréer la topographie originale et de rétablir l'utilisation précédente des terres (Down et Stocks, 1977).

La réadaptation signifie que l'on rendra au sol une forme et une productivité conformes à un plan d'utilisation précédent, y compris un état écologique stable qui ne contribue pas à la perturbation de l'environnement et qui soit conforme aux valeurs esthétiques environnantes.

Il n'y a généralement que trois façons de gérer ou de remettre en état les sites d'exploitation minière (Cairns, 1979) :

1° *Ne rien faire et laisser le terrain dans l'état où il se trouve à la fin de l'exploitation minière.* Cette solution est maintenant socialement et économiquement inacceptable, et une certaine forme de remise en état est obligatoire dans toutes les provinces et les territoires. Dans bien des cas, le sol perturbé peut être remis en état de façon à servir de base à diverses ressources renouvelables. Mais ce qui est plus important, c'est que les impacts possibles du sol de la mine abandonnée peuvent entraîner une détérioration à long terme du sol et des ressources en eau avoisinants.

2° *Redonner au terrain son état original.* La restauration, seconde solution, est presque infaisable pour des raisons à la fois techniques et économiques. Avec cette solution, il est impossible de choisir une autre utilisation qui serait peut-être préférable à l'originale. Bien que les connaissances et l'expérience actuelles permettent peut-être de remettre le terrain exactement dans le même état, il faudrait probablement attendre des dizaines d'années avant d'atteindre le même niveau de productivité. L'inconvénient de cette solution à long terme provient de la difficulté d'obtenir l'appui politique et économique pour des avantages aussi éloignés dans le temps, alors que la société vise des résultats immédiats et fait ses règlements en ce sens.

3° *Remettre le terrain dans un état écologiquement amélioré et plus acceptable sur le plan social.* Il n'est pas surprenant de voir que cette solution est l'une des mieux acceptées au Canada. Cependant, la « restauration totale » est exigée dans certains cas, principalement lorsqu'il s'agit d'anciennes terres agricoles. Cette troisième solution comprend des éléments à la fois de la remise en état et de la réadaptation. Cependant, il est difficile de séparer les deux puisque la plupart des statuts et règlements au Canada emploient le terme « remise en état » mais définissent les conditions requises comme s'il s'agissait en réalité d'une « réadaptation ». La remise en état peut comprendre un certain nombre de mesures, sinon toutes, notamment l'aménagement paysager, l'amélioration des sols, la régénération de la végétation et la stabilisation chimico-physique.

La première solution peut être acceptable lorsque l'expérience prouve que le sol de mines qui ont déjà été abandonnées dans des conditions écologiques semblables a recouvré à peu près son état primitif de façon naturelle ou avec très peu d'aide. Cette aide peut être sous la forme d'une culture de couverture ou de scellants pour empêcher l'érosion pendant que les espèces autochtones capables de vivre dans ces nouvelles conditions s'y établissent d'elles-mêmes. Cette solution est peut-être idéale pour les sites isolés et éloignés qui ne présentent aucun danger environnemental ou qui n'exigent aucune amélioration d'ordre esthétique.

Planification

Avant 1970, il était rare que des plans de remise en état du terrain soient établis avant l'exploitation d'une mine au Canada. L'obligation de présenter des plans de remise en état du terrain en même temps que la demande d'autorisation d'un projet d'exploitation d'une mine date de la fin des années 1960.

Bien que planifiée très tôt, la remise en état ne peut pas commencer avant la fermeture de la mine ou du complexe industriel. Cependant, une telle planification permet l'entreposage pratique de la couche arable et un empilage efficace des stériles qui serviront au moment de l'application du plan final de remise en état après la fermeture de la mine. Cette planification permet également d'établir des programmes d'essai adéquats (régénération de la couverture végétale, drainage, stabilité des pentes, matériaux), de façon à répondre aux objectifs d'une utilisation précise du sol, s'il y a lieu.

La figure 13 illustre les méthodes actuelles de remise en état du terrain dans l'industrie minière. Les pratiques sur le terrain appliquées à chacune des étapes diffèrent cependant selon la nature du sol à remettre en état et selon les règlements en vigueur dans chaque province.

À l'étape qui précède la production, l'effort porte d'abord sur la collecte des données de base pour l'analyse et le développement subséquent de la

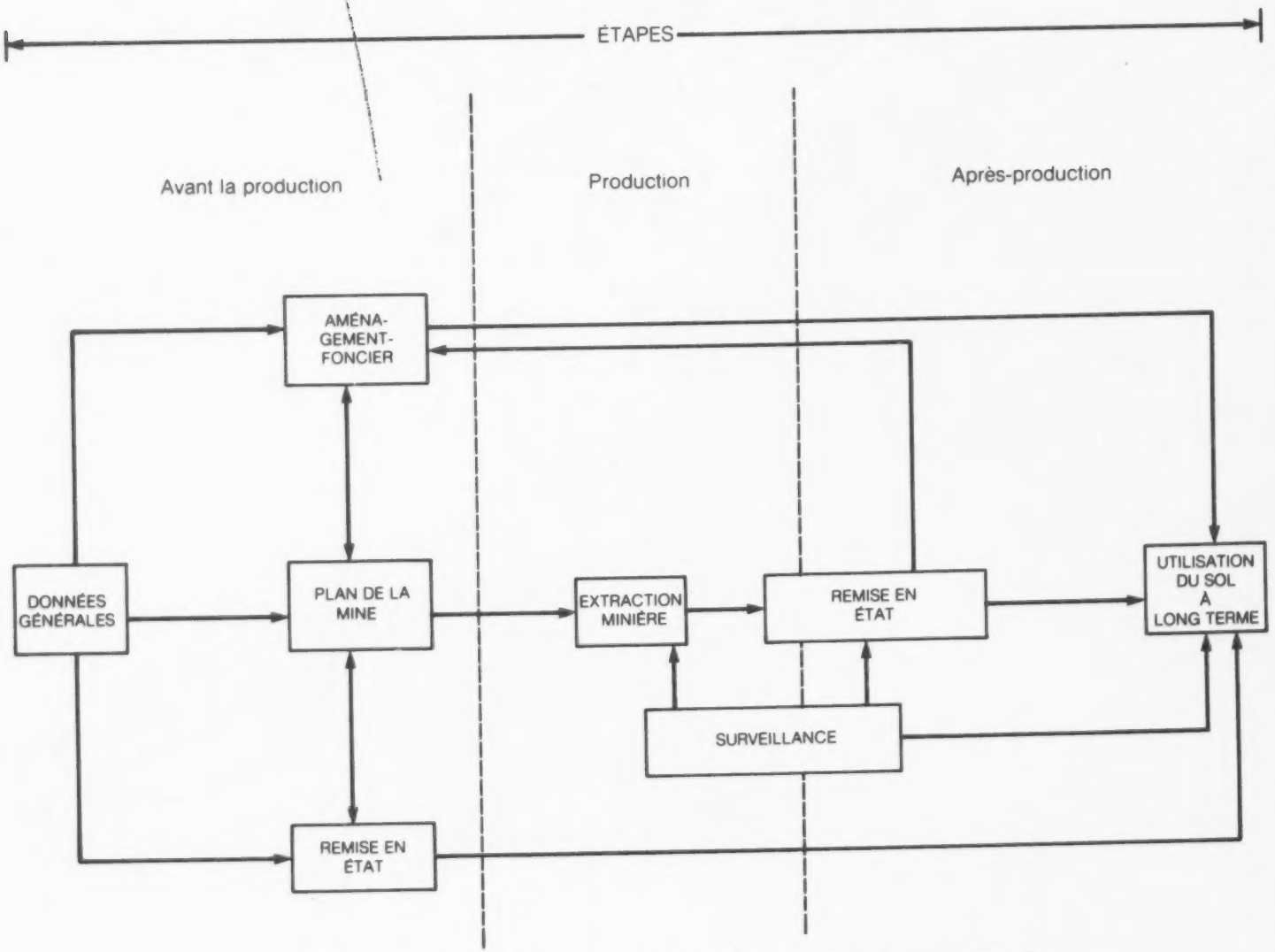


FIGURE 13. Illustration schématique de la méthode moderne de remise en état des terrains par l'industrie minière

production minière, la remise en état du terrain, l'utilisation du sol et les mesures de surveillance du projet (figure 14). Les exigences relatives aux données de base pour la production ont déjà été étudiées dans ce chapitre. Les données nécessaires à l'évaluation environnementale, la remise en état du terrain et l'utilisation du sol, doivent généralement porter sur les domaines suivants : la topographie, les sols et les gisements superficiels, la géologie, l'hydrologie, la biologie, le climat, les aspects socio-économiques et historiques, l'utilisation du sol, les règlements en vigueur et le zonage ainsi que le processus d'obtention des permis nécessaires.

Ces facteurs, ajoutés aux contraintes physiques et économiques de l'exploitation minière permettent ordinairement de décider de l'utilisation du sol qui sera la plus appropriée après la production.

Dans le cas d'une exploitation à ciel ouvert en découverte ou par gradins, les étapes les plus coûteuses du procédé de remise en état sont le stockage des stériles et la création des morts-terrains à l'inclinaison voulue, le remblayage des parois élevées, les travaux de contour, de terrassement et le déchargement sélectif de la couche de recouvrement ainsi que le maintien d'un drainage adéquat (Peterson et Etter, 1970). Par conséquent, lorsque ces mesures peuvent être incorporées à l'exploitation minière, il est possible de réaliser des économies considérables au cours de la phase de remise en état finale. L'utilisation du sol après la fermeture de la mine varie selon les exigences gouvernementales et selon les encouragements fiscaux ou autres de chaque province ou territoire.

Par ordre d'importance progressive, les sites miniers peuvent, selon Riddle et Sapperstein (1978) :

1° Être laissés à l'état sauvage ou non améliorés ; ou réaménagés pour

2° L'industrie forestière, l'agriculture sélective ou les loisirs de plein air (pâturages, chasse, pêche, abattage par exemple) ;

3° L'agriculture et les activités récréatives intensives ;

4° La construction domiciliaire ou l'industrie légère ;

5° L'habitation urbaine à forte densité.

La majeure partie des coûts et des efforts supplémentaires sont associés à la préparation du sol en vue de sa nouvelle utilisation. Les utilisations intensives présentent l'avantage qu'à long terme la compagnie minière n'a souvent que très peu de responsabilités et peut même en être complètement dégagée. Du point de vue pratique cependant, les aspects conceptuels, spatiaux et temporels du processus de planification défient toute définition étant donné que l'utilisation à long terme peut finalement dépendre de conditions qui changent constamment.

Le plan définitif de la remise en état sera le résultat de la pondération de toutes les contraintes et de la recherche du meilleur compromis généralement nécessaire puisqu'il y a rarement deux sites identiques, et que des limitations techniques peuvent empêcher d'atteindre les objectifs désirés. Les exigences fonctionnelles d'une utilisation choisie constituent donc le facteur déterminant dans la conception du plan de remise en état du terrain après l'exploitation minière. Par exemple, le sol d'une mine de charbon située au cœur de prairies où domine l'agriculture, devraient pouvoir être reconverti de façon profitable, et de préférence pour l'agriculture. Dans ces conditions, les attitudes socio-économiques, les valeurs esthétiques et les règlements font que l'aspect fonctionnel devient très important. Par contre, dans les régions éloignées, l'effort porte moins sur l'utilisation pratique du sol que sur l'aspect sécuritaire et la protection de la qualité des sols voisins.

Ainsi, les facteurs économiques, l'emplacement, les valeurs esthétiques et l'utilisation du sol jouent un rôle très important dans l'étude des fonctions possibles d'un site abandonné et du coût de la conversion éventuelle. Sur le plan technique, des contraintes sont imposées par les matières qui se trouvent sur le site, la capacité opérationnelle des machines et de l'équipement, ainsi que par les techniques connues de remise en état.

Préparation du site (aménagement paysager)

Dans le sens le plus large du terme, cela comprend toutes les activités reliées à l'enlèvement des morts-terrains, à l'élimination des stériles et à la modification du sol perturbé et des terrils afin de faciliter la remise en état des zones exploitées. Le processus varie considérablement, allant des travaux de terrassement et d'aménagement paysager (remblayage, nivellage, etc.) à la préparation des cultures (labourage, etc.). La préparation du site comprend :

- L'amélioration des pentes des puits remblayés et la modification de la forme des terrils (mêmes procédés que ceux mentionnés précédemment à la phase d'extraction) ;[8]

[8] Les contraintes terrestres ou économiques obligent souvent à ne couvrir que partiellement les hautes parois des puits, mais dans bien des cas, ces hautes parois non couvertes ressemblent suffisamment à des falaises naturelles pour éliminer tout problème d'érosion ou de détérioration des valeurs esthétiques du site remis en état.

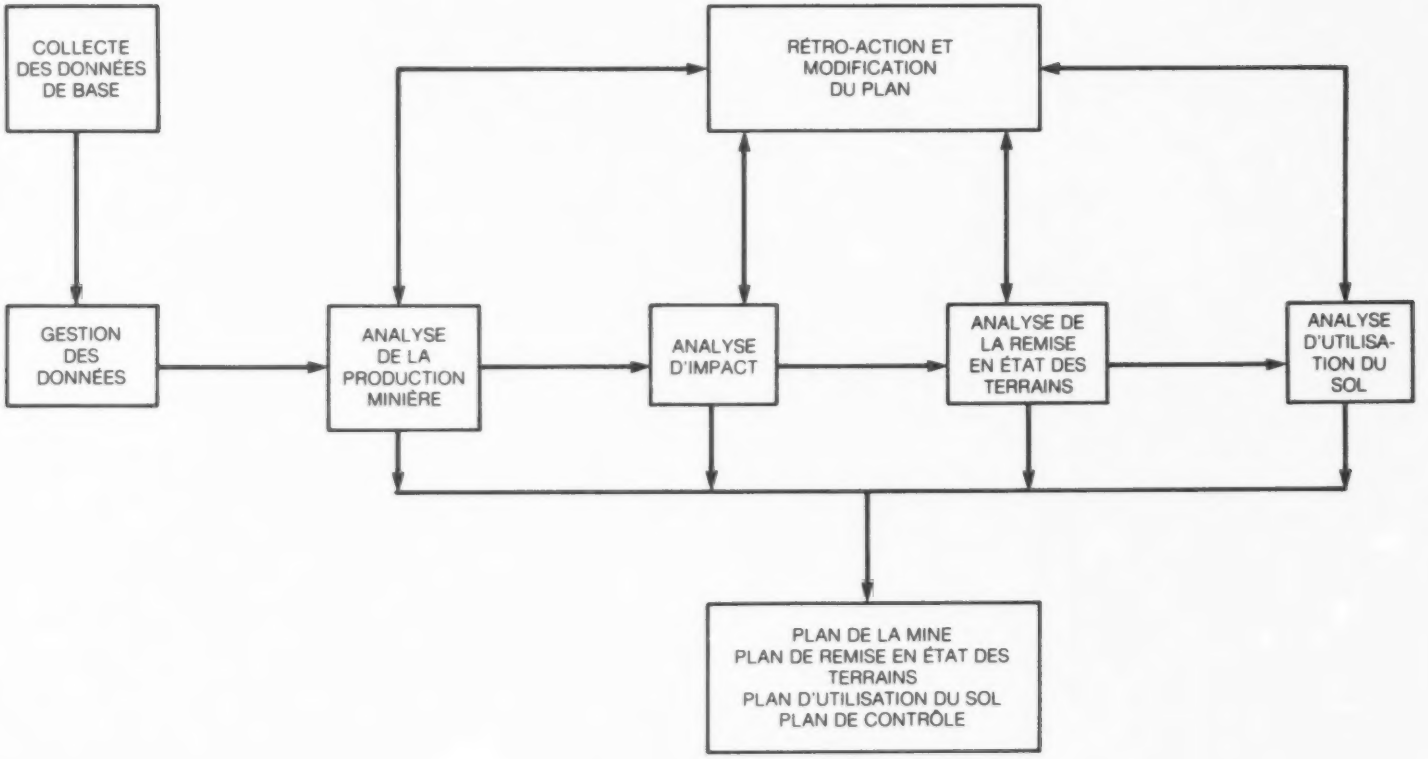


FIGURE 14. Illustration schématique du processus d'aménagement avant que la production ne débute

- La reconstruction ou le détournement des canaux de drainage ;
- L'enfouissement des déchets toxiques ou l'élimination d'autres éléments physiques empêchant la croissance des plantes ;
- Le recouvrement des déchets rocheux, des stériles ou des zones perturbées, avec les morts-terrains stockés. Il arrive souvent qu'il n'y ait pas suffisamment de matériaux empilés. Il faut alors faire appel à d'importantes techniques d'amélioration, à moins qu'il n'y ait d'autres matériaux disponibles à faibles coûts sans créer de perturbations ailleurs. Les coûts augmentent considérablement lorsqu'il faut faire appel à des matériaux de surface et à l'amendement des sols ;
- Il faut souvent défoncer la surface qui a été tassée par la machinerie lourde utilisée pour le remblayage et le façonnage des contours du puits. Ce déchirement morcelle la surface et permet la pénétration des racines et l'infiltration de l'eau, réduit le ruissellement, et facilite l'intégration des matériaux de recouvrement de la couche arable et du sous-sol avec les stériles sous-jacents et empêche ou réduit les glissements de terrain et l'érosion ;
- Le nivelage des zones recouvertes de sol arable pour empêcher tout ruissellement et toute érosion excessive (Hubbard et Bell, 1977) ;
- Le labourage du sol arable pour le préparer à recevoir les semences.

De tout le processus de remise en état, les diverses étapes de la phase de la préparation du site sont celles qui sont les plus coûteuses, et il est donc avantageux d'en incorporer le plus possible dans la phase de l'extraction minière afin de réduire les coûts de cette opération. (Down et Stocks, 1977 ; Peterson et Etter, 1970).

Les exploitations à ciel ouvert requièrent généralement le stockage du sol arable, du sous-sol et des morts-terrains, et le remblayage des puits avec des stériles. Dans le cas des mines souterraines, il y a très peu de stockage sélectif de la couche arable et des morts-terrains. Lorsqu'il est impossible de s'en servir pour combler les excavations ou les dépressions de vallée, les stériles sont généralement accumulés en tas, et des mesures adéquates sont prises pour détourner les réseaux d'écoulement naturels et empêcher tout problème de ruissellement et de percolation. La préparation des stériles doit attendre la fin des activités minières ou jusqu'à ce que la zone de retenue soit complètement remplie. Lorsque les stériles sont entassés, leur susceptibilité à l'érosion éolienne exige l'application de mesures comme l'arrosage régulier ou l'épandage de scellants chimiques ou physiques pour empêcher la pollution atmosphérique par la poussière.

Dans tous les cas, la préparation du site après la cessation des activités minières comprend l'amélioration du sol, des morts-terrains et des terrils en vue de régénérer la végétation. Il faut absolument analyser tous les matériaux qui doivent être remis en état ou utilisés pour le remblayage, principalement lorsque la composition physique et chimique varie considérablement aussi bien verticalement qu'horizontalement.

Amélioration du sol

Les sols dont la salinité et le pH ne sont pas appropriés, ceux qui n'ont pas suffisamment de substances nutritives, ceux qui contiennent des substances toxiques, ceux dont la texture ou la structure n'est pas adéquate ou ceux qui manquent de matières organiques doivent être améliorés. Il faut généralement faire appel à une certaine forme d'amélioration du sol de la plupart des terrils avant d'entreprendre un programme de régénération de la végétation, principalement dans le cas des terrils d'uranium et de minerais à base de sulfures.

L'amélioration du site avant ou pendant la régénération de la végétation consiste généralement à :

1° Épandre une nouvelle couche arable au besoin.

2° Préparer le sol pour l'ensemencement.

3° Traiter la surface avec des litières (paille, écorce, broussailles), ou avec des stabilisants chimiques adhésifs (adhésifs résineux, bitume, polymères). Les litières et les méthodes chimiques sont rarement des solutions permanentes, elles sont toutefois très efficaces pour empêcher l'érosion et faciliter la régénération de la couverture végétale.

4° Amender le sol pour neutraliser l'acidité ou combattre les déficiences en substances nutritives. On ajoute des fertilisants au cours

On a procédé à la régénération de la couverture végétale sur les amas de morts-terrains à la mine de charbon de la B.C. Coal Ltd. de Sparwood (B.-C.)
Photographie : Ian B. Marshall, Environnement Canada

des premières années, et de façon régulière pendant un certain autre nombre d'années.

Restauration de la couverture végétale

La restauration de la couverture végétale sert à :

- Stabiliser les pentes érodables afin de minimiser la pollution des cours d'eau ;
- Empêcher la pollution par les poussières ;
- Améliorer les valeurs esthétiques ;
- Améliorer l'évapotranspiration pour minimiser le ruissellement ;
- Faciliter la production agricole ; et
- Réduire l'oxydation : drainage possible des mines acides. (Williams, 1975)

C'est la méthode la plus efficace, sur les plans physique et esthétique, pour stabiliser et remettre en état les sites perturbés.

Elle peut être appliquée de deux façons (Down et Stocks, 1977). La première consiste à accepter le site comme il est et de choisir des plantes qui puissent y pousser malgré les principaux facteurs environnementaux défavorables (Goodman, 1974 ; Down et Stocks, 1977 ; Murray, 1977*b*). Cette manière a été qualifiée d'« écologique », car elle met l'accent sur les espèces « autochtones » ou capables de s'adapter.

L'autre manière de faire consiste à améliorer les conditions du sol et du site pour permettre une meilleure croissance de certaines espèces de plantes (souvent agronomiques). Dans le cas de la première manière, il faut reconnaître qu'il existe certaines conditions dans lesquelles aucune espèce ne peut survivre. Si la seconde convient, on peut s'attendre à des résultats plus rapides et à un choix plus grand d'utilisations possibles. Dans la pratique, on combine généralement les deux avec beaucoup de succès (LeRoy et Keller, 1972 ; Hubbard et Bell, 1977 ; Murray, 1977*b*).

Lorsque de nombreux facteurs empêchent la croissance des plantes dans un site donné, la restauration de la couverture végétale devient très compliquée. Dans d'autres cas, le succès de cette restauration est limité par un seul problème propre au site en question. On peut atteindre de bons résultats en modifiant l'inclinaison des pentes ou le réseau de drainage et en recouvrant les stériles avec des matériaux appropriés.

Bien qu'il existe un grand nombre d'espèces de plantes, chacune d'elle exige des conditions appropriées pour leur croissance, ce qui en réduit considérablement le choix. Il ne faut utiliser que celles dont l'adaptation aux sols perturbés d'une région donnée est connue. L'observation de la succession et de la colonisation naturelles des plantes malgré les perturbations dans le voisinage d'une mine aide à voir quelles espèces se sont adaptées. C'est principalement le cas des plantes qui poussent en altitude, dans la Cordillère et les Rocheuses, dans les climats rigoureux des régions septentrionales, ou encore de celles qui tolèrent les sels, les métaux lourds ou les substances toxiques.

Bien que de nombreux principes d'agriculture et de sylviculture aient été appliqués à la restauration de la couverture végétale des sites miniers, la méthode et la date de plantation ne sont pas toujours les mêmes, principalement parce que les sols perturbés et les déchets miniers ne constituent pas un milieu de croissance naturel. Lorsque la remise en état du terrain ne se fait pas en vue de l'agriculture, il est plus plaisant pour la vue de planter les arbres et arbustes par bouquets en suivant la topographie du terrain, plutôt que de les planter en ligne. Les méthodes varient selon que les plantes serviront à stabiliser les pentes ou à attirer les espèces animales qui vivaient dans la région auparavant.

Herbes et légumineuses. On sème généralement de l'herbe et des légumineuses aussitôt que les déchets miniers ou que les sols perturbés sont recouverts d'une couche arable, ou juste avant l'époque la plus humide de l'année. L'ensemencement mécanique à la volée, en lignes ou par arrosage est utilisé selon l'état du terrain. L'ensemencement en lignes est une méthode consistant à laisser tomber les graines dans des trous ou des sillons et à les recouvrir de terre. Cette méthode est généralement la meilleure lorsque les conditions s'y prêtent, mais les pentes abruptes et les sites d'accès difficile en limitent l'utilisation. L'ensemencement à la volée est préférable sur les pentes abruptes (de plus de 3 :1) (USDA, 1979). Les graines sont répandues à la surface du sol et peuvent être recouvertes de terre. Cette méthode n'est pas aussi efficace que la précédente parce que les graines sont souvent laissées exposées à la surface. Un traitement mécanique ultérieur est généralement nécessaire pour couvrir les semences. Le manque d'humidité, la texture et le tassement du sol peuvent en réduire également l'efficacité. D'autres méthodes d'ensemencement à la volée sont l'hydro-ensemencement, l'ensemencement aérien et l'utilisation de semeurs à cyclone portatifs. Les hydrosemeurs lancent sous pression un liquide pompé d'un réservoir monté sur camion et contenant de l'eau, la semence, un fertilisant et quelquefois une matière faisant office de litière. Si ce dernier élément n'est pas appliqué lors de l'hydro-ensemencement, la semence doit être recouverte de sol ou d'une litière au cours d'une autre opération pour assurer la germination. Cette méthode est utilisée en terrain accidenté. Il en est de même pour l'ensemencement aérien, qui s'applique aux régions d'accès très limité. Les semeurs à cyclone portatifs sont généralement utilisés pour de petites zones ou des lots expérimentaux ; leurs principales restrictions sont le coût élevé et la lenteur du procédé.

Arbres et arbustes. La plantation se fait presque exclusivement à la main ou à l'aide de planteurs manuels ou de tarières mécaniques. On utilise notamment des plants en pots, des plants à racines nues (cultivés en pépinière pendant un à deux ans), des boutures (des tiges, généralement de plantes ligneuses), des sauvageons (plants provenant d'une autre région et repiqués). De gros bosquets d'arbres pouvant attirer la faune peuvent être transplantés à l'aide de chargeurs frontaux. La plantation de gros arbres adultes entraîne cependant des problèmes considérables de coût et d'entretien. De nombreux arbres ne survivent pas une fois transplantés, c'est pourquoi les peuplements doivent provenir de pépinières où le même milieu écologique a été recréé, ou encore les arbres doivent avoir développé une tolérance spéciale.

Les méthodes de restauration de la couverture végétale varient d'un site à l'autre selon les espèces de plantes, les méthodes d'amendement des sols et le temps requis pour obtenir le couvert végétal désiré. Dans bien des cas, le choix final des espèces est basé sur des essais relativement importants faits sur un lot de terre expérimental pendant la préproduction et au début de la production. Les techniques d'ensemencement et de plantation sont utilisées dans de nombreux programmes de restauration de la couverture végétale.

Stabilisation physique et chimique

Les déchets miniers et les sols perturbés peuvent être stabilisés au lieu de régénérer la couverture végétale afin de réduire le transport de la poussière et l'érosion par l'eau. La stabilisation chimique consiste à appliquer un agent chimique (adhésifs résineux, bitume, polymères, etc.) qui lie les particules à la surface (sol, déchets rocheux, stériles etc.) pour former une croûte résistante à l'air ou à l'eau, ce qui arrête l'érosion. Ce traitement est rarement permanent, il coûte très cher et ses résultats ne sont pas aussi esthétiques que ceux de la restauration de la couverture végétale. Ainsi, les deux méthodes sont-elles souvent employées ensemble afin de protéger les semences et les jeunes plants contre l'érosion.

Les méthodes de stabilisation physique se pratiquent généralement à l'aide de déchets rocheux, de scories ou de morts-terrains résistant à l'érosion. La plupart de ces méthodes donnent un résultat peu

esthétique, sauf si la couche arable est utilisée. Cependant, les méthodes physiques peuvent être utilisées comme mesure intérimaire dans les cas d'une fermeture temporaire afin d'empêcher l'érosion par l'air et par l'eau.

Entretien et contrôle subséquents

Un programme d'entretien et de contrôle est nécessaire afin d'assurer que les objectifs du plan de remise en état ou d'abandon du site soient atteints. La période de contrôle est normalement stipulée dans les règlements et elle doit habituellement avoir une durée précise, après revégétation finale, refertilisation, transplantation, modifications de l'écoulement, et autres mesures d'entretien nécessaires. Certains règlements peuvent exiger que la surveillance se poursuive pendant plusieurs années afin de s'assurer que l'exploitant a rempli toutes ses obligations quant à la remise en état du site et qu'il peut recouvrer les fonds versés en garantie au gouvernement. Dans certaines régions, il faut plus de temps, surtout si une restauration complète est exigée par les règlements (pour l'agriculture, par exemple). Le contrôle prévoit également certaines révisions des plans de remise en état du terrain lorsque des travaux précédents se sont avérés inadéquats. Un grand nombre des exigences relatives à l'abandon final d'une mine ressemblent à celles déjà mentionnées au chapitre de la fermeture temporaire.

À cette étape, les principales préoccupations consistent à s'assurer que les mécanismes mis en place pour empêcher la pollution des eaux de surface et souterraines fonctionnent de façon adéquate. On procède à des vérifications finales du niveau de l'eau, des fluctuations de l'eau, de la qualité et la quantité des effluents ou des eaux de percolation, le cas échéant, et on prélève des échantillons en amont et en aval des points de décharge ou de percolation. Toutes ces activités exigent généralement l'entretien de bassins de retenue permanents, de bassins de sédimentation, de fossés, de canaux et de canaux de trop-plein, surtout si des cours d'eau ont été déviés.

La surveillance porte surtout sur les zones où la restauration de la couverture végétale n'est pas entièrement satisfaisante, où il y a des signes d'érosion, d'envasement ou d'affaissement de pente. La plupart des problèmes sont liés aux pentes orientées vers le sud et l'ouest, aux vieilles routes d'accès, aux anciens lieux d'entreposage de l'équipement, aux sites où le ruissellement est élevé, aux zones très argileuses, à forte teneur en sels, en métaux lourds ou en substances toxiques. Dans ce cas le traitement consiste généralement en améliorations chimiques, physiques ou biologiques. Des épandages additionnels de fertilisants ou de chaux sont les traitements chimiques les plus utilisés pour faciliter l'établissement d'une végétation permanente (et éviter ainsi l'érosion) ou pour augmenter la teneur des sols en matières organiques. Les traitements physiques sont normalement associés à la lutte contre l'érosion et aux affaissements de pente. L'entretien comprend les travaux de terrassement, le recouvrement du sol avec une litière ou des filets, la construction de palissades ou d'autres techniques de stabilisation. Sur le plan biologique, il s'agit de modifier les mélanges de semences ou les espèces de plantes et de replanter.

Essais de plantes pouvant convenir à la régénération de la couverture végétale sur des résidus de minerai de fer, à la mine Hilton, Québec

Régénération naturelle des terrils dans une mine de plomb abandonnée (mine Kingdom), Galetta (Ont.)
Photographies : W.B. Blakeman, Environnement Canada

DISTRIBUTION DE L'EXPLOITATION MINIÈRE

Il y a deux façons de décrire la distribution de l'exploitation minière : d'abord par province et territoire, et ensuite, au moyen d'un plan général des « zones de ressources foncières » permettant d'étudier l'exploitation minière par rapport aux autres utilisations des sols. Cette façon d'aborder la question fournit une base de comparaison des activités minières par région dans les écosystèmes à récurrence naturelle et de leurs effets possibles sur l'environnement.

Dans ce chapitre, il sera question du plan général de la distribution, des limites des données, des définitions des concepts et des éléments constitutifs des zones de ressources foncières. Suivra une étude plus détaillée sur les principales matières premières produites, leur distribution, leur valeur, les réserves et la mise en valeur future des secteurs métallifères, non métallifères et énergétiques de l'industrie.

RICHESSES ET RÉSERVES MINÉRALES

Par richesses minérales, on entend tous les gîtes minéraux dans le sol qui seront théoriquement disponibles, dans le cadre de certaines limites économiques, pendant une période déterminée (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1974). Elles comprennent :

- Les réserves répertoriées dans toutes les mines actuellement en cours d'exploitation et les gisements connus.
- Les gîtes connus mais économiquement au-dessous du seuil de rentabilité (pouvant inclure d'anciennes mines productives).
- Des gîtes minéraux non encore découverts dans des formations géologiques présentant un intérêt.

Pour évaluer les ressources disponibles sur une base annuelle, le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (1979) répartit les estimations en cinq catégories reflétant différents seuils de confiance dans les quantités consignées : minerai mésuré, minerai indiqué, minerai supposé, ressources prévues et ressources hypothétiques (figure 15).

Les réserves minérales (minerais mesurés et indiqués) sont définies comme la portion des gîtes minéraux connus, raisonnablement bien mesurées, du point de vue du tonnage et de la teneur, et qui pourraient être exploités de façon rentable dans les conditions économiques et technologiques actuelles (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1974). Les réserves de minéraux constituent des stocks d'exploitation qui se renouvellent avec le temps, et elles ne doivent par être considérées comme le bilan définitif de l'approvisionnement en une matière première minérale quelconque. Les réserves ont tendance à changer avec la hausse et la baisse des taux de production, les nouvelles découvertes et les réévaluations résultant des fluctuations économiques. Les changements les plus considérables dans les réserves totales proviennent habituellement de nouvelles découvertes importantes, d'autres résultent de l'amélioration des techniques d'exploitation et du traitement des minerais.

Les autres catégories de ressources sont exclues car, aux prix actuels, il ne serait par rentable de les exploiter. Cependant, avec la hausse du prix relatif d'un minerai, la quantité des réserves prouvées peut augmenter, comme c'est le cas des sables pétrolifères en Alberta et des gisements aurifères dans tout le Canada. Les mines d'or et les placers que l'on croyait épuisés sont maintenant à nouveau exploités. Dans cette étude, on s'attache principalement aux catégories mesurées, indiquées et supposées qui, au cours des vingt prochaines années, seront très probablement les gîtes exploités.

PLAN GÉNÉRAL DE LA DISTRIBUTION

La carte 1 montre la distribution des régions d'exploitation minière et les principales matières premières produites au Canada. L'emplacement et le nombre des sociétés exploitantes dans chaque région, sous les catégories de minéraux métallifères, non métallifères (minéraux industriels), du charbon et des sables pétrolifères figurent à la carte 2. Les gisements miniers ne sont pas tous indiqués, aussi le

Mine souterraine d'or et d'argent de la Hudson Bay Mining and Smelting, Osborne Lake (Man.)
Photographie : Bryce Flynn, fournie par : photothèque de l'ONF

CARTE 1 Légende des principales régions minières du Canada

TERRE-NEUVE

1. Presqu'île d'Avalon	Pyrophyllite
2. St Lawrence	Silice
3. Buchans	Zn, Pb, Cu, Ag, Au, Cd
4. Springdale-Baie Verte	Cu, Au, Ag, amiante
5. Stephenville	Gypse

NOUVELLE-ÉCOSSE

6. Sydney-Cap Breton	Charbon, gypse
7. New Glasgow	Charbon
8. Wolfville-Stewracke	Gypse, Pb, Zn, U
9. Moncton-Springhill	Charbon, sel, gypse

NOUVEAU-BRUNSWICK

10. Minto	Charbon, potasse
11. Fredericton	Sb
12. Bathurst	Pb, Zn, Cu

QUÉBEC

13. Québec-Labrador	Fe
14. Havre St-Pierre	Fe, Ti
15. Gaspé	Cu, Mo
16. Baie St-Paul	Fe
17. Cantons de l'Est	Amiante, talc, saponite
18. Montréal	Silice, magnésite, dolomite magnésienne
19. Vallée des Outaouais	Mg, Ca
20. Maniwaki	Ni, Cu, Fe
21. Belleterre	Ni, Cu
22. Noranda-Val d'Or	Cu, Zn, Ag, Au, Pb
23. Matagami	Zn, Cu
24. Chibougamau	Cu, Au, Ag
25. Putuniq-Détroit d'Hudson	Amiante

ONTARIO

26. Bancroft-Marmora	Talc, syénite néphélinique dolomite, U
27. Hagersville	Gypse
28. Windsor	Sel
29. Sarnia	Sel
30. Goderich	Sel
31. Lac Elliot	U
32. Bassin de Sudbury	Ni, Cu, Au, Ag, métaux de platine Co, Se, Te, Fe, U
33. Lac Kirkland-Cobalt	Au, Ag, Fe
34. Timmins-Porcupine	Zn, Cu, Au, Ag, Pb, Sn, Cd
35. Algoma	Fe
36. Longlac	Cu, Zn, Ag, Pb
37. Sleeplac	Fe, Ni, Cu
38. Pickle Crow	Cu, Ni, Ag
39. Red Lake	Au, Cu, Zn, Ag, Fe

MANITOBA

40. Bissett-Black Island	Silice
41. Morris-Morden	Bentonite
42. Neepawa	Gypse
43. Gypsumville	Gypse
44. Flin Flon-Snow Lake	Cu, Zn, Au, Ag, Pb, Cd, Se, Te
45. Thompson	Ni, Cu, Co, résidus de métaux précieux
46. Lynn Lake	Cu, Zn, Ag
47. Lac du Bonnet	Ta, Ce

SASKATCHEWAN

48. Estevan-Bienfait	Charbon
49. Régina-Moose Jaw	Sulfate de sodium, potasse, sel, bentonite
50. Saskatoon	Potasse, sulfate de sodium, sel
51. La Ronge	Cu, Ni, Zn, Pb
52. Key Lake	U
53. Cluff Lake	U
54. Athabasca Sandstone-Rabbit Lake	U
55. Uranium City	U
56. Esterhazy	Potasse

ALBERTA

57. Grande Cache	Charbon
58. Luscar	Charbon
59. Edmonton	Charbon, barytine, silice
60. Forestburg	Charbon, bentonite
61. Drumheller	Charbon
62. Lethbridge	Charbon
63. Canmore	Charbon
64. Lindbergh	Sel
65. Metiskow	Sulfate de sodium

COLOMBIE-BRITANNIQUE

66. Invermere	Barytine, gypse
67. Kimberley	Pb, Zn, Ag, Sb, Cd, Bi, Sn, In
68. Coleman-Crow's Nest	Charbon
69. Revelstoke	Ag, Zn, Pb
70. Trail-Princeton	Cu, Mo, Ag, Au, Pb, Zn
71. Highland Valley	Cu, Mo, Ag, Au
72. Hope	Cu, Au, Ag
73. Île de Vancouver	Cu, Mo, Au, Ag, Pb, Zn, Re
74. River Jordan	Cu
75. Britannia Beach	Au, Ag, Pb, Zn, Cd
76. Birch Island	U
77. Caribou	Cu, Mo, Ag
78. Centre de la Colombie-Britannique	Cu, Au, Ag, Mo
79. Îles Reine-Charlotte	Fe, Cu, Ag
80. Stewart	Cu
81. Peace River	Charbon
82. Cassiar	Amiante
83. Fort Nelson	Cu, Pb, Zn

YUKON

84. Clinton Creek	Amiante
85. Mayo	Ag, Pb, Zn, Cd
86. Carmacks	Charbon
87. Faro	Pb, Zn, Ag, Cu, Cd
88. Whitehorse-Carcross	Cu, Au, Ag

TERRITOIRES DU NORD-OUEST

89. Grand Lac de l'Ours	Ag, Cu
90. Tungsten	W, Cu
91. Mackay Lake	Au, métaux pauvres
92. Yellowknife	Au
93. Pine Point	Zn, Pb
94. Baker Lake	U
95. Arctic Bay	Pb, Zn, Ag
96. Petite-Île-Cornwallis	Zn, Pb

CARTE 1
Principales régions minières du Canada
(établies en fonction des mines actuellement productives et le potentiel des ressources connues)

Sources : Généralisation à partir des données du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada, 1975 et 1979 *d*.

Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

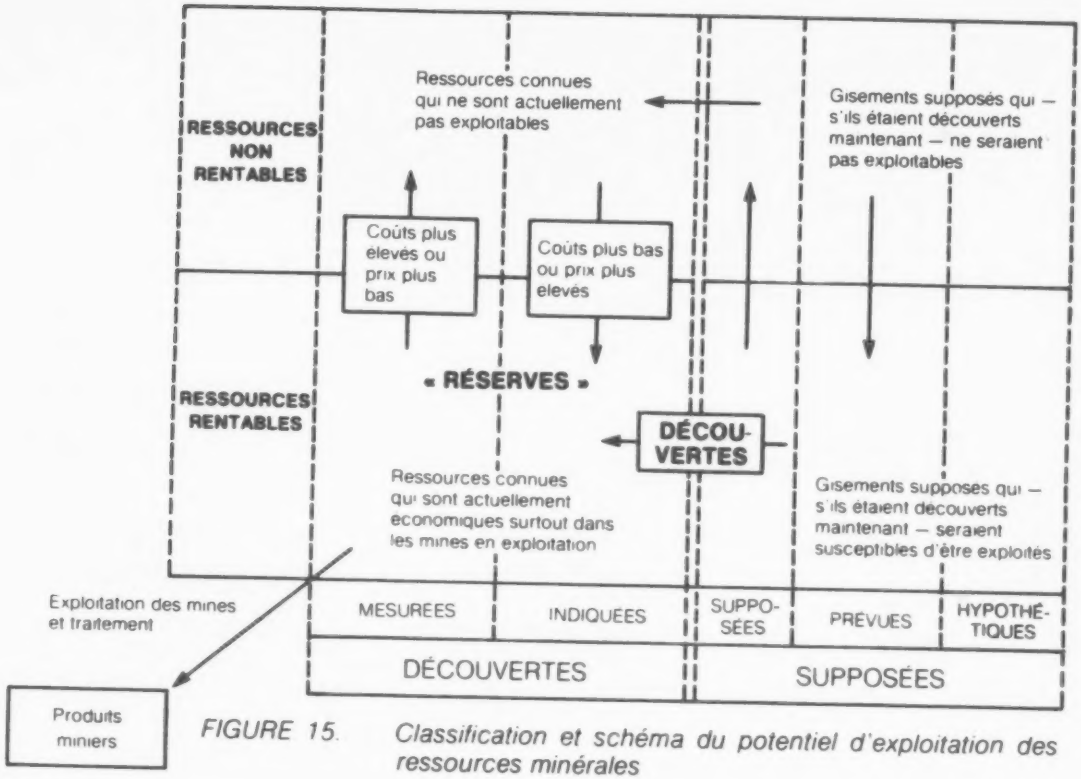


FIGURE 15. Classification et schéma du potentiel d'exploitation des ressources minérales

DÉFINITION DES RESSOURCES

Par *minerai mesuré*, on entend le minerai dont le tonnage est calculé à partir des dimensions établies pour les affleurements, les tranchées, les puits d'extraction ou les trous de mines et dont la teneur est calculée à partir d'un échantillon adéquat. Les sites d'inspection, d'échantillonnage et de mesurage sont si rapprochés et les caractéristiques géologiques si bien définies que la taille, la forme et la teneur du minerai sont bien établies. Le tonnage et la teneur devraient se rapporter au minerai récupérable par exploitation, compte tenu de la dilution.

Par *minerai indiqué*, on entend le minerai dont le tonnage et la teneur sont calculés en partie d'après des mesures précises, des échantillons ou des données de production et en partie d'après des projections pour une distance raisonnable fondées sur des preuves géologiques. Les ouvertures ou les trous aménagés pour l'inspection, le mesurage et l'échantillonnage sont trop espacés ou mal disposés pour décrire parfaitement le minerai ou établir sa teneur.

Par *minerai supposé*, on entend le minerai dont les estimations quantitatives sont fondées en grande partie sur une connaissance sommaire des caractéristiques géologiques du gîte et pour lequel on dispose de quelques rares échantillons ou mesures, si, toutefois il en est. Les estimations sont basées sur la continuité ou la répétition supposées pour lesquelles il existe une preuve géologique ; cette preuve peut inclure une comparaison avec des gîtes de types semblables. Les gisements en amas qui sont complètement masqués, mais pour lesquels il y a quelque preuve géologique, peuvent être inclus. Les estimations de minerais supposés peuvent être trompeuses. Ces limites varient selon les caractéristiques et la connaissance des gisements en amas.

Par *ressources prévues*, on entend les tonnages estimés au-delà de limites précises établies pour les minerais présumés. Ils peuvent inclure les tonnages des portions des gisements en amas identifiés ou des gisements en amas périphériques masqués, dont l'existence peut être supposée le long d'axes géologiques bien établis associés aux gîtes connus. En règle générale, les ressources prévues sont déduites par extrapolation des gîtes identifiés ou par quantification des données géologiques.

Par *ressources hypothétiques*, on entend les tonnages estimés dans des gîtes dont on suppose l'existence d'après des indications indirectes et des extrapolations géologiques dans des régions vierges ou dans des régions où seule la présence de gisements est connue.

Source : Whillans et Cranstone, 1979, et ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1979c

CARTE 2
Principales régions minières et emplacement des sociétés exploitantes : 1979*

* L'exploitation des matériaux de construction non métallifères n'est pas incluse (sable, gravier, pierre, ciment et calcaire)

Pour les emplacements où il y a plus d'une société exploitante, le nombre réel de sociétés est indiqué par un chiffre. Seuls les emplacements de 203 sociétés exploitantes sont indiqués sur la carte. Ils représentent un total de 282 sites d'extraction.

Source : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Canada, 1979*d*.

Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

CARTE 3

Fonderies et affineries de métaux non ferreux ; emplacement des usines de fonte brute, de fer réduit et de ferro-alliages

3a. FONDERIES ET AFFINERIES DE MÉTAUX NON FERREUX

3b. USINES DE FONTE BRUTE, DE FER RÉDUIT ET DE FERRO-ALLIAGES

Reproduction fournie par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1979*d*.

nombre réel des diverses mines exploitées dans une zone donnée est-il dans certains cas plus élevé. En janvier 1979, 203 sociétés exploitantes (voir la carte 2) exploitaient 282 emplacements miniers et 230 usines (à l'exclusion de l'exploitation des placers, de la chaux, du ciment et des sables pétrolifères), ce qui est une baisse par rapport aux 320 mines énumérées en 1977. La carte 3 indique l'emplacement des fonderies et des affineries.

Il est extrêmement difficile de tenir à jour un relevé précis de toutes les mines en exploitation et des opérations de broyage, étant donné que la qualité des gisements, la technologie et les conditions du marché changent rapidement. En peu de temps, les mines peuvent fermer et réouvrir plusieurs fois. De plus, la répartition des sociétés exploitantes ne peut être utilisée comme mesure exacte de la distribution et du nombre des mines, des conditions de production ou de l'importance des besoins en ressources foncières pendant tous les stades de la production minière.

Les activités des mines ne sont pas toutes intégrées et, de ce fait, les besoins en ressources foncières varient considérablement. Cette diversité peut être illustrée par des cas précis dans les régions suivantes de production de minerais :

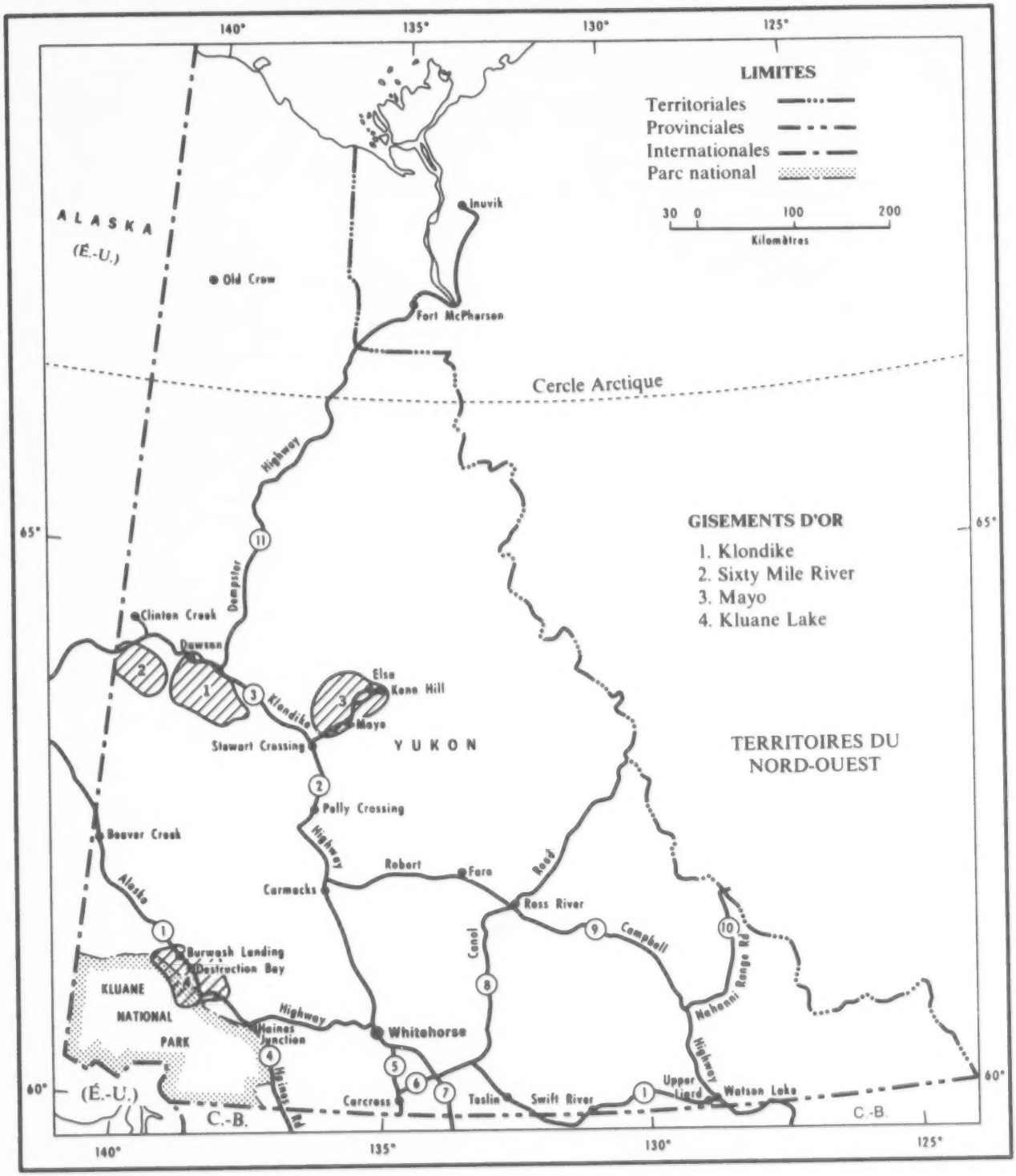
Région de Chibougamau (Québec) (voir la carte 1, nº 24).

Dans cette région, la Campbell Chibougamau Mines Ltd. exploitait quatre mines distinctes de cuivre (mines d'Orignal, Grandroy, Cedar Bay et Henderson). En mai 1975, tous les travaux dans les mines ont été suspendus ; dès septembre, la mine de Cedar Bay reprenait ses activités et la mine Henderson suivait, en mai 1976. Les deux autres mines étaient mises en réserve. Cependant, le taux de production s'est maintenu à environ 30 pour cent. Dans la même région, les travaux dans trois des quatre mines souterraines de la Patino Mines Quebec Ltd. ont été suspendus.

Région du Sudbury (Ontario) (voir la carte 1, nº 32).

Dans le bassin de Sudbury, deux sociétés, l'INCO et la Falconbridge Nickel Mines, exploitaient à elles deux 21 mines souterraines et deux mines à ciel ouvert ; quatre mines souterraines ont été fermées et une a été réouverte en 1977. Dans le cas de la Falconbridge, six mines (en exploitation) font broyer leur minerai aux usines de Strathcona et de Falconbridge. Trois usines de broyage, Clarabelle, Frood-stobie et Levack, reçoivent les minerais extraits par les 13 mines en exploitation de l'INCO.

CARTE 4
Gisements d'or filonien et placérien productifs, dans le Yukon



Flin Flon — Région de Snowlake (voir la carte 1, nº 44).

Dans ce.e région, le minerai de sept mines souterraines de l'Hudson Bay Mining and Smelting Co. est traité à l'usine de Flin Flon. Le concentré de cuivre est réduit en anodes de cuivre à la fonderie de la société et il est affiné à la Canadian Coppers Refiners Ltd., à Montréal. Le concentré de zinc est fondu et affiné localement, mais le concentré de plomb est expédié à la Cominco Ltd. à Trail, en Colombie-Britannique. Les éléments de sous-produits obtenus par les processus d'affinage sont l'or, l'argent, le cadmium, le sélénium et le tellurium.

Il faut signaler d'importants oublis sur les cartes de distribution, tels que les sites de matériaux de construction (surtout le sable, le gravier et la pierraille) dont le nombre s'élève à plusieurs milliers, qui sont très dispersés et dont la superficie varie de moins d'un hectare à plus de 100 hectares. Du point de vue cartographique, cela dépasse le cadre de cette étude, et l'on manque de données précises sur l'emplacement de toutes les activités à l'échelle du pays. De même, dans le Yukon, où des milliers de concessions minières et de baux pour l'exploitation des placers ont été octroyés ces dernières années avec la hausse fantastique des prix de l'or, on s'est limité à localiser l'emplacement de quatre gisements d'or productifs (carte 4).

Les données sur l'exploitation de nouvelles mines, la réouverture et l'expansion d'anciennes mines sont relativement sûres, étant donné que des engagements ont été pris pour produire du minerai entre 1979 et 1985. Cependant, même ces engagements ne sont jamais à l'abri des changements politiques, économiques ou environnementaux pouvant entraîner des retards ou même des annulations. Dans le cas des gîtes connus pour leur production future prometteuse, il faut tenir compte :

... « des données qualitatives sur certains facteurs comme la méthode probable d'abattage, les caractéristiques métallurgiques, l'accessibilité, les avantages du terrain, la présence d'une agglomération avoisinante, les facilités de transport, l'énergie, les communications et la main-d'œuvre.

Il se peut qu'un nombre important de gîtes soient maintenant rentables, mais leur exploitation peut avoir été retardée pour diverses raisons. Par exemple, un propriétaire peut, pour des motifs d'ordre spéculatif, préférer garder un gîte « en réserve », ou une société peut être dans l'impossibilité de réunir les capitaux nécessaires pour mettre en valeur un gîte apparemment rentable. Bien

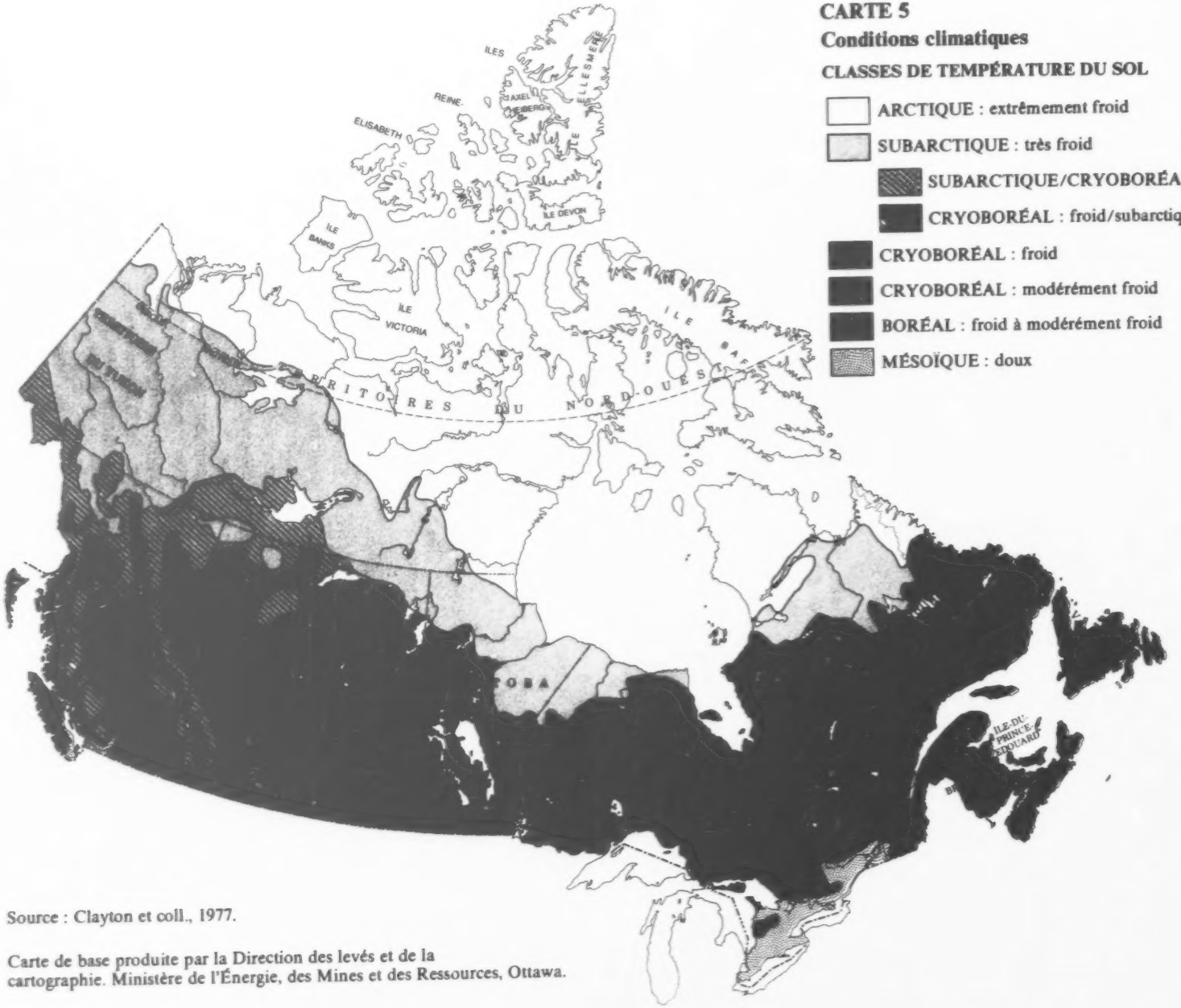
CARTE 5 Légende des classes de températures du sol

Classes et sous-classes de température du sol	Description	Température annuelle moyenne du sol (°C)	Description de l'été (°C)	Température moyenne du sol en été (°C)	Saison de croissance	Nombre de jours où la température du sol a dépassé		Degrés jours au-dessus de	
						5 °C	15 °C	5 °C	15 °C
1. Arctique	Extrêmement froid	-7°	Froid à très froid	5°	Presque inexistante	15	Aucun	Aucun	
2. Subarctique	Très froid	-7° à -2°	Modérément froid	5° à 8°	Courte	120	Aucun	1000	
3. Cryoboréal	Froid à modérément froid	2° à 8°	Doux	8° à 15°	Modérément courte à modérément longue	120 à 220	60	100 à 2250	
cryoboréal froid					Modérément courte		Aucun	1000 à 2000	
cryoboréal modérément froid					Modérément courte à modérément longue		Courte période seulement	2000 à 2250	
4. Boréal	Frais à modérément frais	5° à 8°	Doux à modérément chaud	15° à 18°	Modérément courte à modérément longue	170 à 220	60	2250 à 3000	60 à 400
boréal frais					Modérément longue		Très courte à courte période	2250 à 2500	
boréal modérément frais					Modérément longue		Courte	2500 à 3000	
5. Mésoique	Doux à modérément chaud	8° à 15°	Modérément chaud à chaud	15° à 22°	Modérément longue à presque continue	200 à 365	180	3100 à 5000	300 à 1200
mésoique doux					Modérément longue		Courte période	3100 à 4000	

CARTE 5

Conditions climatiques

CLASSES DE TEMPÉRATURE DU SOL



ARCTIQUE : extrêmement froid

SUBARCTIQUE : très froid

SUBARCTIQUE/CRYOBORÉAL : froid

CRYOBORÉAL : froid/subarctique

CRYOBORÉAL : froid

CRYOBORÉAL : modérément froid

BORÉAL : froid à modérément froid

MÉSOÏQUE : doux

Source : Clayton et coll., 1977.

Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

souvent, les raisons de la société pour retarder l'exploitation ne sont pas immédiatement évidentes ». (Whillans et Cranstone, 1979).

De plus, la distribution géographique des activités minières a été étroitement liée à l'expansion des moyens de transport. Même si les avions et les hélicoptères ont permis d'explorer de vastes régions éloignées dans le Nord, l'exploitation réelle de nouvelles mines dans les zones en grande partie inexplorées ou généralement inaccessibles, nécessitera de nouveaux modes de transport. Si de vastes installations de soutien, comme des corridors de transport, doivent être aménagées, la dégradation des terres s'étendra à des zones beaucoup plus étendues.

ZONES DE RESSOURCES FONCIÈRES

Les « Zones de ressources foncières » choisies pour cette étude sont fondées sur les sept régions physiographiques du Canada : les Appalaches, les basses-terres du Saint-Laurent, le Bouclier, les basses-terres de la baie d'Hudson, les plaines intérieures, la Cordillère et l'archipel Arctique (Bostock, 1970). Ces régions déterminent le type de terres utilisables en ce qui concerne le relief, les sols et la teneur en minerai. Une combinaison des conditions climatiques du sol (carte 5) et des zones forestières (carte 6) a été utilisée pour subdiviser les sept régions physiographiques en douze zones de ressources foncières, identifiées à la carte 7, et désignées par après par les lettres LRZ (Land Resource Zones). Le tableau 11 donne un résumé des catégories les plus importantes de l'utilisation et de la mise en valeur des sols dans chaque zone de ressources foncières. Une description générale des caractéristiques physiographiques, de la flore, des climats au sol, de l'utilisation des sols et des principaux produits miniers pour chaque zone figure à l'annexe V.

Tout au long de ce chapitre, les cartes établies selon le plan des zones de ressources foncières servent à résumer les données sur l'exploitation minière actuelle et future afin de décrire plus particulièrement les zones où les activités minières continuent à jouer un rôle important et de déterminer les secteurs miniers faisant l'objet d'une plus grande attention, soit par des travaux d'exploration, soit par des projets d'exploitation de nouvelles mines.

PRODUCTION ET DISTRIBUTION ACTUELLE

MINÉRAUX MÉTALLIFÈRES

Les minéraux métallifères (voir le tableau 1) sont extraits dans toutes les provinces et territoires, à l'exception de l'Île-du-Prince-Édouard (voir la carte 2) et ils représentent 60 p. cent de tous les revenus miniers (à l'exclusion de l'extraction des sables pétrolifères). La quantité et la valeur de chaque minéral produit en 1979 et 1980 sont présentées au tableau 12. Les principaux métaux non ferreux (cuivre, nickel, plomb, zinc et molybdène) et les métaux précieux (or et argent) représentent presque 70 p. cent de la valeur totale des minerais métallifères produits. Ces sept métaux sont actuellement extraits dans plus de 125 mines, exploitées par plus de 55 sociétés minières. La moitié de ces sociétés extraient 90 p. cent de la production totale de chaque métal (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1980*b*). La valeur de la production du fer et de l'uranium atteint respectivement 17 et 6 p. cent du total.

Métaux ferreux

Sur la quantité de minerai de fer extraite en Ontario, au Québec, à Terre-Neuve (Labrador), et en Colombie-Britannique, plus de 75 p. cent le sont dans la région limitrophe Québec-Labrador (carte 8b). On y extrait trois types de minerai de fer, à savoir l'hématite (81 p. cent), la magnétite (17 p. cent) et la sidérite (2 p. cent). Tous ces minerais, sauf deux p. cent d'hématite, sont extraits dans la région du Québec-Labrador (voir carte 1, nº 13). Toute la magnétite est produite en Ontario. La seule société minière exploitant le minerai de sidérite est l'Algoma Steel Corp. Ltd., à Wawa (Ontario). Une petite quantité de pyrrhotite (sulfure de fer) est produite comme sous-produit du nickel à l'Inco Ltd., à Sudbury.

Toutes les mines de fer sont exploitées à ciel ouvert, à l'exception de deux d'entre elles (Algoma Steel Corp. Ltd. (Ontario) et Westrob Mines Ltd. (Colombie-Britannique) qui utilisent une combinaison de méthodes d'exploitation à ciel ouvert et souterraine. Cependant, la méthode d'exploitation souterraine utilisée dans les deux mines comptait pour moins de trois p. cent du minerai de fer extrait au Canada. Entre 1977 et la fin de 1979, six mines de fer ont fermé, quatre en Ontario, une au Québec et une en Colombie-Britannique. On peut s'attendre à ce que les mines actuellement en exploitation et les gisements connus, mais inexploités, susceptibles d'être productifs, puissent répondre à une plus grande demande nationale et étrangère au-delà de l'an 2000 (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1975).

Métaux non ferreux

La production des minerais de *nickel* et de *molybdène* est plus concentrée géographiquement

CARTE 6
Principales zones forestières

Sources : Service canadien des forêts
Clayton et coll., 1977.

Carte de base produite par la Directi
cartographie. Ministère de l'Énergie,

xception de l'Île-du-Prince-Édouard (voir la carte 2)
ls représentent 60 p. cent de tous les revenus
iers (à l'exclusion de l'extraction des sables
rolifères). La quantité et la valeur de chaque
neral produit en 1979 et 1980 sont présentées au
pleau 12. Les principaux métaux non ferreux
vre, nickel, plomb, zinc et molybdène) et les
taux précieux (or et argent) représentent presque
p. cent de la valeur totale des minerais métalliques
duits. Ces sept métaux sont actuellement extraits
s plus de 125 mines, exploitées par plus de 55
tés minières. La moitié de ces sociétés extraient
cent de la production totale de chaque métal
stère de l'Energie, des Mines et des Ressources,
La valeur de la production du fer et de
anium atteint respectivement 17 et 6 p. cent du

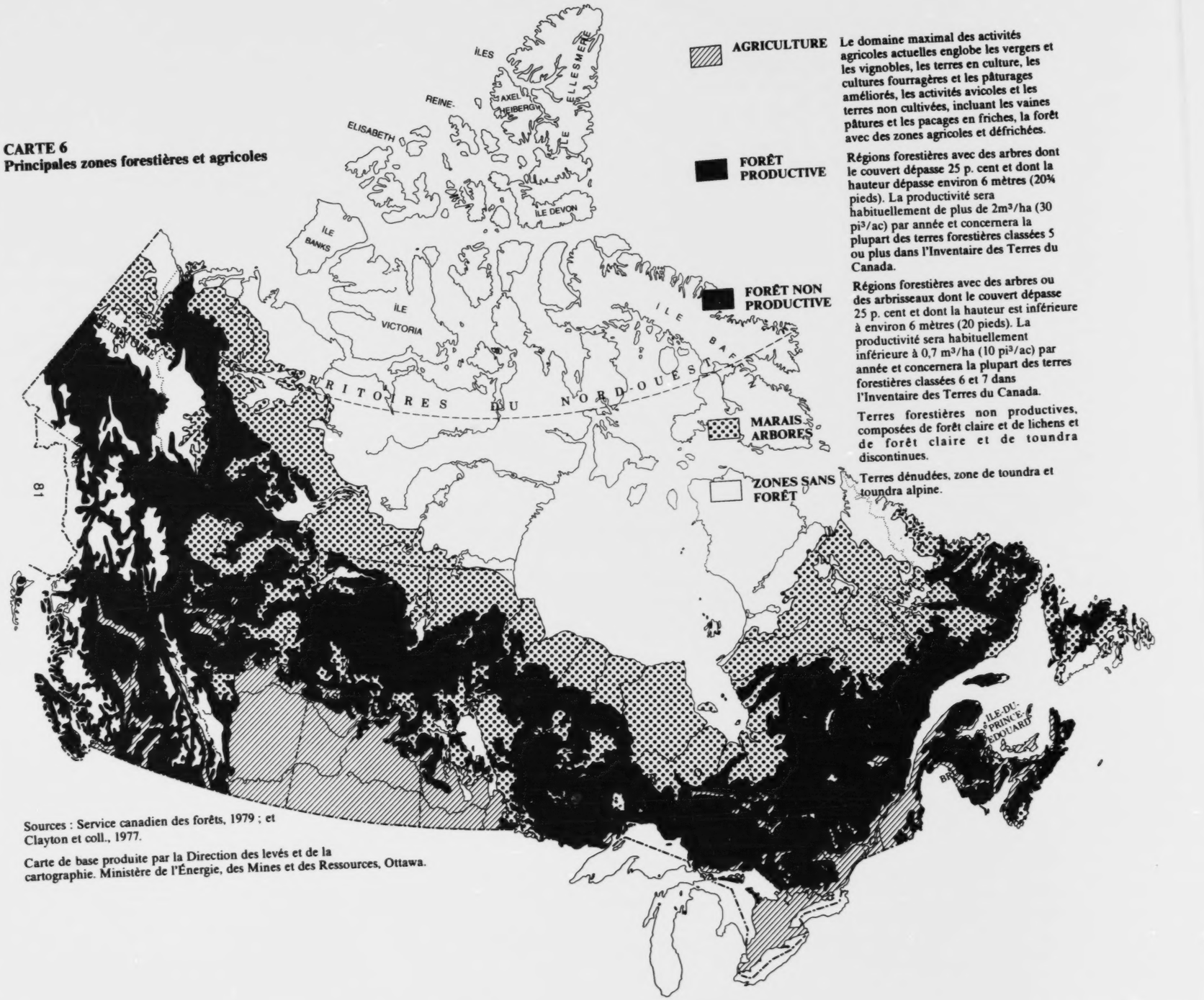
étaux ferreux

Sur la quantité de minerai de fer extraite en
au Québec, à Terre-Neuve (Labrador), et en
-Britannique, plus de 75 p. cent le sont dans
trophe Québec-Labrador (carte 8b). On y
types de minerai de fer, à savoir l'hématite
la magnetite (17 p. cent) et la sidérite (2
Tous ces minerais, sauf deux p. cent
sont extraits dans la région du Québec-
voir carte 1, nº 13). Toute la magnétite est
en Ontario. La seule société minière
minerai de sidérite est l'Algoma Steel
à Wawa (Ontario). Une petite quantité de
sulfure de fer) est produite comme sous-
à l'Inco Ltd. à Sudbury.
Toutes les mines de fer sont exploitées à ciel
à l'exception de deux d'entre elles (Algoma
Ltd. (Ontario) et Westrob Mines Ltd.
Colombie-Britannique) qui utilisent une combinaison
méthodes d'exploitation à ciel ouvert et
terrane. Cependant, la méthode d'exploitation
terrane utilisée dans les deux mines comptait
moins de trois p. cent du minerai de fer extrait
anada. Entre 1977 et la fin de 1979, six mines de
fermé, quatre en Ontario, une au Québec et
en Colombie-Britannique. On peut s'attendre à ce
es mines actuellement en exploitation et les
ents connus mais inexploités, susceptibles
productifs, puissent répondre à une plus
demande nationale et étrangère au-delà de
000 (ministère de l'Energie, des Mines et des
urces, 1975).

ux non ferreux

a production des minerais de *nickel* et de
bène est plus concentrée géographiquement

CARTE 6
Principales zones forestières et agricoles



Le domaine maximal des activités agricoles actuelles englobe les vergers et les vignobles, les terres en culture, les cultures fourragères et les pâturages améliorés, les activités avicoles et les terres non cultivées, incluant les vaines pâtures et les pacages en friches, la forêt avec des zones agricoles et défrichées.

Régions forestières avec des arbres dont le couvert dépasse 25 p. cent et dont la hauteur dépasse environ 6 mètres (20¾ pieds). La productivité sera habituellement de plus de 2m³/ha (30 pi³/ac) par année et concernera la plupart des terres forestières classées 5 ou plus dans l'Inventaire des Terres du Canada.

Régions forestières avec des arbres ou des arbrisseaux dont le couvert dépasse 25 p. cent et dont la hauteur est inférieure à environ 6 mètres (20 pieds). La productivité sera habituellement inférieure à 0,7 m³/ha (10 pi³/ac) par année et concernera la plupart des terres forestières classées 6 et 7 dans l'Inventaire des Terres du Canada.

Terres forestières non productives, composées de forêt claire et de lichens et de forêt claire et de toundra discontinues.

Terres dénudées, zone de toundra et toundra alpine.

Sources : Service canadien des forêts, 1979 ; et Clayton et coll., 1977.

Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

que celle du minerai de fer (voir la cartes 8b et 8c). Près de 98 p. cent du molybdène sont extraits en Colombie-Britannique, tandis que l'Ontario produit 75 p. cent du nickel et le Manitoba fournit le reste. Tel n'est pas le cas pour le cuivre, le plomb et le zinc qui sont extraits dans toutes les provinces et territoires, sauf dans l'Île-du-Prince-Édouard, la Nouvelle-Écosse et l'Alberta (voir carte 8c). Pour ce qui est de la production, les premiers producteurs de plomb et de zinc en 1979 étaient le Nouveau-Brunswick (24/23 p. cent), le Territoire du Yukon, (26/10 p. cent) et les Territoires du Nord-Ouest (17/18,5 p. cent).

La Colombie-Britannique produit 44,5 p. cent du *cuivre* et 28 p. cent du *plomb* extrait au Canada, suivie par l'Ontario avec 29 p. cent de cuivre et 24 p. cent de zinc. La majeure partie du molybdène du Canada est un sous-produit de l'affinage du cuivre, à l'exception d'une seule mine en Colombie-Britannique.

Dans tout le Canada, les minerais de cuivre, de nickel, de plomb, de zinc et de molybdène sont habituellement extraits selon des méthodes d'exploitation souterraine. Cependant, il y a de plus en plus de cas où les gisements de minerai sont suffisamment près de la surface du sol pour être exploités à ciel ouvert pendant toute la durée de vie de la mine. Cette méthode est utilisée communément en Colombie-Britannique (douze mines en 1979), particulièrement pour les minerais de cuivre, de cuivre/molybdène, de molybdène et de plomb/zinc. Cependant, onze autres mines exploitées à ciel ouvert ou à ciel ouvert et souterrainement, sont réparties dans tout le Canada.

Tableau 11

Zones de ressources foncières et utilisation du sol

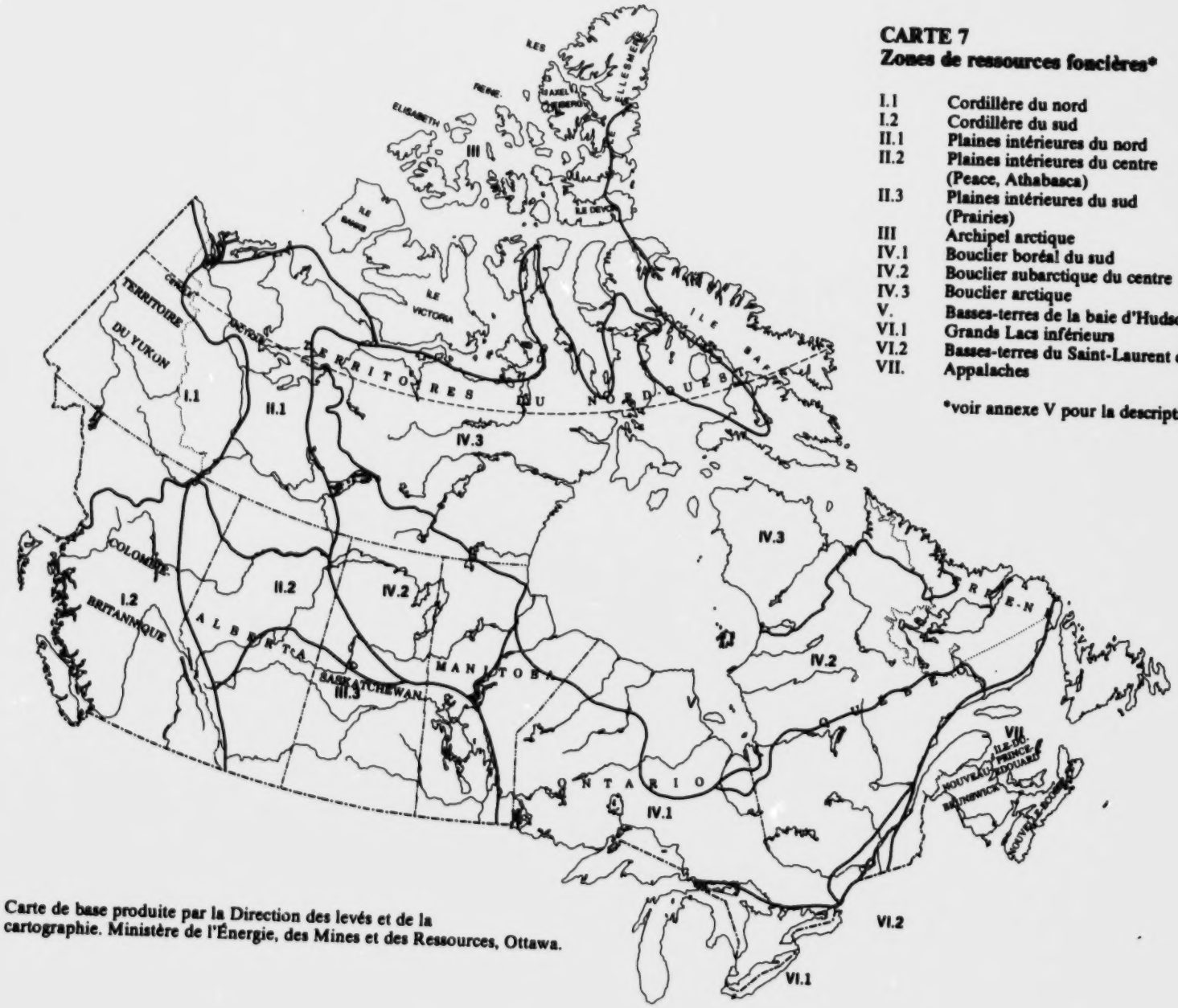
		Agriculture cultures de plein champs et pacages	pâturages maigres et pacages	horticulture	polyculture et fourrages	**Foresterie**	**Pêcherie**	**Établissement urbain**	**Pétrole et gaz**	**Conservation de la flore et de la faune**	**Chasse et piégeage**	**Tourisme – nature**	**Loisirs de plein air**	**Autochtones** (droits revendications)	**Exploitation des mines** minerai métallifère	minerai industriel non métallifère	matériaux de construction non métallifères	charbon	sables pétrolifères
I.1	Cordillère du nord						x			xx	xx	x		xx					
I.2	Cordillère du sud		xx	xx	x	xx	xx	x		xx	x	xx	xx	xx				xx	
II.1	Plaines intérieures septentrionales						x		xx	x	xx			xx			x		
II.2	Plaines intérieures centrales (Peace, Athabasca)	xx			x	x	x		xx	x	x	x	xx	x				x	xx
II.3	Plaines intérieures méridionales (Prairies)	xx	xx					x	xx							xx	x	xx	
III.	Archipel arctique									xx				xx			x		
IV.1	Bouclier boréal du sud				x	xx	xx			x	xx	xx	xx	x	xx	x			
IV.2	Bouclier subarctique du centre					x	xx			xx	xx			xx	xx				
IV.3	Bouclier arctique									xx	xx			xx					
V.	Basses-terres de la baie d'Hudson									x									
VI.1	Grands lacs inférieurs			xx	xx			xx				xx	xx			x	xx		
VI.2	Basses-terres centrales du Saint-Laurent			xx	xx			xx				xx	xx				xx		
VII.	Appalaches			x	xx	xx	xx	x		x	x	xx	xx		x	xx	x	xx	

X = important
XX = majeur

CARTE 7
Zones de ressources foncières*

I.1	Cordillère du nord
I.2	Cordillère du sud
II.1	Plaines intérieures du nord
II.2	Plaines intérieures du centre (Peace, Athabasca)
II.3	Plaines intérieures du sud (Prairies)
III	Archipel arctique
IV.1	Bouclier boréal du sud
IV.2	Bouclier subarctique du centre
IV.3	Bouclier arctique
V.	Basses-terres de la baie d'Hudson
VI.1	Grands Lacs inférieurs
VI.2	Basses-terres du Saint-Laurent du centre
VII.	Appalaches

*voir annexe V pour la description des zones



Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

L'étude sur la planification des régions minières prévoit que :

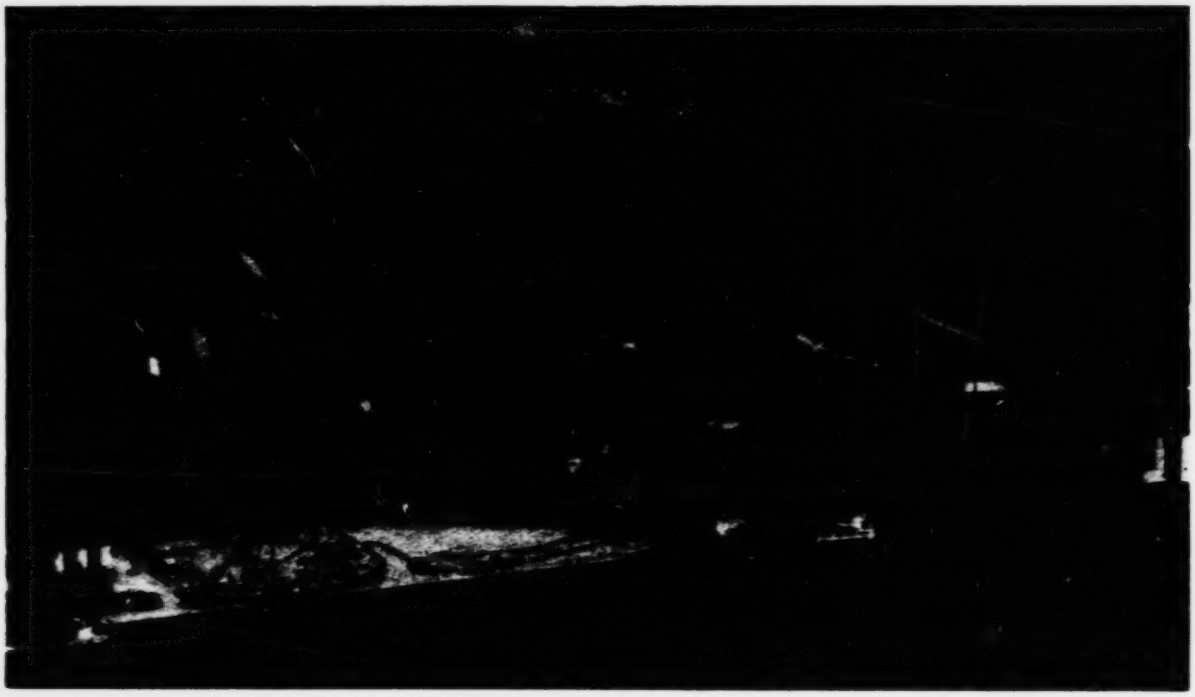
— « *Toutes les demandes en minerai de nickel, selon les prévisions du marché intérieur et du marché à l'exportation, pourront être satisfaites au cours du siècle prochain grâce aux mines en exploitation et aux gîtes connus, mais inexploités, susceptibles d'être productifs.*

— « *Les demandes en cuivre, plomb, molybdène et zinc pour les besoins prévus concernant le marché intérieur et le marché à l'exportation pourront essentiellement être satisfaites jusqu'à la moitié ou la fin des années 80 grâce aux mines en exploitation et aux gîtes connus et inexploités susceptibles d'être productifs ; la production devra être ensuite complétée en exploitant d'autres gîtes connus ou à découvrir pour répondre aux besoins futurs* ». (Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1975.)

La nature polymétallique d'un grand nombre de métaux non ferreux contenant du cuivre, du plomb, du zinc, du nickel ou du molybdène entraîne habituellement la production d'importants tonnages de co-produits ou de sous-produits (voir le tableau 1). La production la plus importante de ces derniers associée aux cinq métaux susmentionnés est représentée par l'or et l'argent (voir la carte 8c). Le sélénium, le tellure et le bismuth sont produits dans les mines des régions de Sudbury et de Flin Flon, ainsi qu'à Murdochville, dans la péninsule de Gaspé.

Le cobalt est un sous-produit de la fabrication du nickel et du cuivre dans les régions de Sudbury et de Thompson ; on ne compte qu'une mine d'indium au Canada, située dans le sud de la Colombie-Britannique. Le cadmium est le sous-produit des exploitations effectuées dans sept mines de diverses provinces du Canada, à savoir Terre-Neuve, le Nouveau-Brunswick, l'Ontario, la Colombie-Britannique (2) et le Yukon (2). Les autres métaux non ferreux proviennent tous d'un seul endroit. Le magnésium et le calcium sont extraits à ciel ouvert à Haley (Ontario) ; le reste est extrait en exploitation souterraine ; le tungstène à Tungsten (Territoires du Nord-Ouest) ; le tantale et le césium à Bernie Lake (Manitoba) ; le niobium à Chicoutimi (Québec) et le titane au Havre Saint-Pierre (Québec).

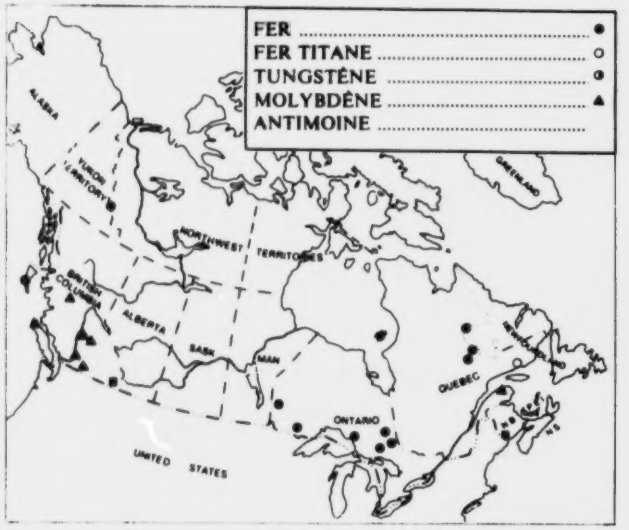
La demande en métaux réfractaires et réactifs par addition (cobalt, niobium, molybdène, silicium, tantale, titane et tungstène) provient surtout de l'industrie du fer et de l'acier. Un certain nombre de ces métaux sert à la désoxydation de l'acier fondu, d'autres confèrent des propriétés physiques et chimiques particulières à l'acier fini et d'autres encore sont utilisés comme matières réfractaires. De plus, un



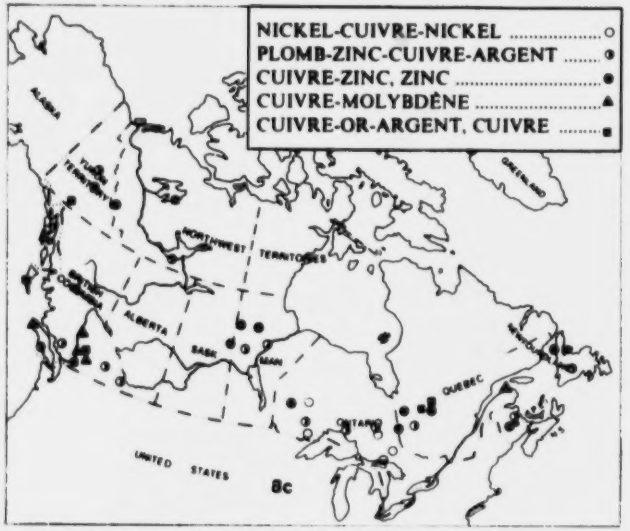
Installations ferroviaires et portuaires de la compagnie Iron Ore, à Sept-Îles (Qué.)
Photographie : George Hunter, fournie par : photothèque de l'ONF

CARTE 8
Régions productrices de minerais métallifères et non métallifères : 1979

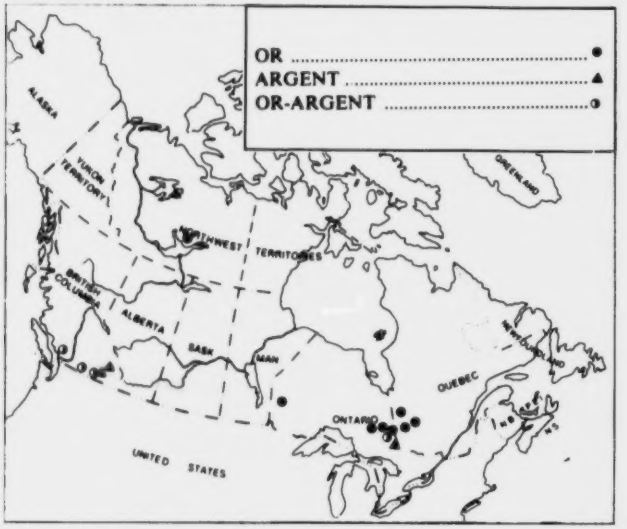
8a



8b



8c



8d

Tiré de : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1979*d*.

Tableau 12
Production canadienne en 1979 et 1980

A. Métaux	Unité de mesure	Quantité		Valeur en dollars	
		1979	1980	1979	1980
		'000	'000	'000	'000
Antimoine	kg	–	–	8 350	6 503
Argent	kg	1 147	1 037	478 399	817 961
Bismuth	kg	137	171	974	1 269
Cadmium	kg	1 209	1 053	8 620	7 790
Calcium	kg	456	525	2 152	3 033
Cobalt	kg	1 640	1 603	109 344	95 019
Cuivre	kg	636 383	708 416	1 511 200	1 856 031
Etain	kg	337	264	5 565	5 898
Fer (minerai de)	t	59 617	50 866	1 807 399	1 722 812
Fer (refondu)	t	–	–	61 067	125 912
Indium	g		–	–	–
Magnésium	kg	9 015	8 899	24 444	27 037
Molybdène	kg	11 175	12 198	332 024	315 423
Nickel	kg	126 482	194 947	828 617	1 678 607
Niobium	kg	2 513	2 330	15 292	15 005
Or	g	51 142	48 284	590 766	1 020 151
Platine	g	6 157	12 584	58 334	155 480
Plomb	kg	310 745	273 833	410 518	299 134
Sélénium	kg	218	246	6 908	11 296
Tantale	kg	159	127	14 521	22 500
Tellure	kg	42	45	2 192	1 240
Tungstène	kg	3 254	4 650	–	–
Uranium	kg	6 530	6 368	616 168	637 717
Zinc	kg	1 099 926	894 575	1 060 103	859 880
TOTAL				$7 952 957	$9 685 698

B. Matériaux de construction	Unité de mesure	Quantité		Valeur en dollars	
		1979	1980	1979	1980
		'000	'000	'000	'000
Argile (produits d')		S O	S O	121 526	114 266
Chaux	t	1 859	2 063	82 774	101 810
Ciment	t	11 765	10 497	653 877	657 402
Pierre	t	109 719	103 281	330 708	339 438
Sable et gravier	t	285 221	327 860	457 120	511 582
TOTAL				$1 646 005	$1 725 498

S O = sans objet
Source : Statistiques Canada, 1978, 1979, 1980

grand nombre d'entre eux trouvent d'importantes applications comme métaux purs, alliages non ferreux ou composés chimiques.

Métaux précieux

L'or et de *l'argent* sont en grande partie des sous-produits des principales mines de nickel, de cuivre, de plomb et de zinc. Les plus gros producteurs (voir la carte 8d) sont concentrés dans le nord de l'Ontario, le nord-ouest du Québec, la Colombie-Britannique, le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest.

Vingt-et-une mines d'or étaient exploitées en janvier 1980, dont 16 en Ontario et au Québec et quatre dans les Territoires du Nord-Ouest, comptant

Tableau 12 (suite)

C. Minéraux non métallifères	Unité de mesure	Quantité		Valeur en dollars	
		1979	1980	1979	1980
		'000	'000	'000	'000
Amiante	t	1 493	1 335	607 461	641 737
Barytine	t	—	—	1 953	2 542
Dolomite magnésienne et brucite	t	—	—	8 990	10 405
Gemmes (pierres)	kg	—	—	1 391	1 470
Gypse	t	8 098	7 209	41 126	43 670
Potasse	t	7 074	7 532	735 247	986 220
Pyrite, pyrrhotite	t	31	32	275	345
Quartz	t	2 368	2 624	26 579	29 318
Saponite, talc	t	90	87	3 439	3 086
Sel	t	6 881	7 029	109 848	125 845
Sodium (sulfate de)	t	443	496	25 211	28 930
Soufre élémentaire	t	6 314	7 403	159 642	414 484
Soufre en gaz de fonderie	t	667	903	14 515	22 955
Syénite néphélinique	t	606	592	15 180	15 877
Titane (dioxyde de)	t	—	—	75 670	110 559
Tourbe	t	480	488	41 150	42 506
TOTAL				$ 1 867 677	$ 2 479 969

D. Combustibles	Unité de mesure	Quantité		Valeur en dollars	
		1979	1980	1979	1980
		'000	'000	000	'000
Charbon	t	33 200	36 500	860 000	946 000
Gaz naturel	m^3	94 426	84 402	4 855 845	6 692 200
Gaz naturel (sous-produits du)	m^3	19 664	18 738	1 449 015	1 741 474
Pétrole brut	m^3	86 910	84 198	7 451 855	9 098 104
TOTAL				$14 616 715	$18 477 778

Source : Statistiques Canada 1978, 1979, 1980

respectivement pour 39, 27 et 10 p. cent de la production totale (voir le tableau 12). Les gisements aurifères en filon prédominent dans ces régions, et ils sont habituellement exploités souterrainement. En Colombie-Britannique et dans les provinces de l'Atlantique, l'or est en grande partie un sous-produit des mines de plomb, de zinc et de cuivre ; une seule mine d'or est exploitée dans le Yukon. L'exploitation des placers est limitée à la Colombie-Britannique et le Yukon. En 1978, il y avait 75 exploitations de placers à plein temps (carte 4) et 15 exploitations de lavage aux sluices, à temps partiel, dans le Yukon (Marchand et coll., 1978).

Les principales mines d'argent se trouvent en Ontario (3), en Colombie-Britannique (3) et dans le Yukon (1) ; cependant il y a des mines de métal pauvre (38 en tout) produisant de l'argent comme sous-produit (87 p. cent de l'argent) dans toutes les provinces et territoires, sauf dans l'Île-du-Prince-Édouard, en Nouvelle-Écosse et en Alberta. Toutes les plus grandes mines d'argent sont exploitées souterrainement, comme le sont la majorité des exploitations de sous-produits. Les principaux producteurs d'argent sont l'Ontario (37 p. cent), la Colombie-Britannique (18,4 p. cent), le Nouveau-Brunswick (15,5 p. cent) et le Yukon (10,4 p. cent).

MINÉRAUX NON MÉTALLIFÈRES

Les trois groupes combinés de minéraux non métallifères (minéraux industriels, matériaux de construction et engrais) représentent 28 p. cent de la valeur totale de toute la production minière et, en tonnage total extrait, dépassent de loin le total pour les catégories des minéraux métallifères et des minerais à valeur énergétique. Le tableau 13 indique les principales matières premières produites dans chaque catégorie, les taux de production annuelle, le nombre des mines productives, et l'emplacement général. Seules les plus grandes zones productrices de minéraux industriels et d'engrais (potasse) sont indiquées sur la carte 8a.

Minéraux industriels

De façon générale, la valeur unitaire des minéraux industriels est plus élevée et ils sont extraits en plus petites quantités que les matériaux de construction (voir le tableau 12). Les activités minières ont tendance à être concentrées dans les zones les plus peuplées du Canada, particulièrement dans les plaines intérieures du sud (LRZ III.3), les basses-terres du Saint-Laurent (LRZ VI.1 et VI.2), et la région des Appalaches (LRZ VII) (voir la carte 8a). Pour ce qui est de la valeur du produit, la production d'amiante représente 57 p. cent des recettes minières industrielles des mines du Québec, de l'Ontario, de Terre-Neuve et de la Colombie-Britannique. Près de 90 p. cent de l'amiante sont produits au Québec. Bien que le gypse soit plus largement distribué, près de 70 p. cent sont produits dans six mines de Nouvelle-Écosse. La silice, qui est extraite dans sept mines au Québec, et le sulfure de sodium exploité dans six mines de la Saskatchewan sont les seules autres concentrations importantes de minéraux industriels. Il y a une mine de sulfure de sodium en Alberta. Plus de 80 p. cent des mines extraient le minerai à ciel ouvert ; les autres utilisent des méthodes d'exploitation souterraine, dont la dissolution, pour le sel. On a recours aux méthodes d'exploitation souterraine pour la barytine, l'amiante, le sulfure de sodium, le sel gemme, la dolomite, le talc et le gypse.

Matériaux de construction

L'industrie des matériaux de construction est présente dans toutes les régions du Canada où il y a des activités de construction. En effet, la demande de granulats est très étroitement liée à l'industrie de la construction. La construction et l'entretien des routes ont nécessité environ la moitié du sable et du gravier et un tiers des pierres concassées produits en 1975. La fabrication des matériaux de construction — produits du ciment et du béton — venait en second. Dans ces circonstances, il n'est pas surprenant que les principaux marchés soient des centres urbains, et que la plupart des sites d'extraction soient concentrés dans la zone périphérique urbaine-rurale. Leur emplacement dépend en grande partie du réseau de transport, le facteur le plus coûteux dans la production et la distribution des granulats sur le marché. Selon le résumé d'une étude effectuée par Statistique Canada sur l'industrie des granulats .

... « *les coûts du transport, exprimés en pourcentage de la valeur livrée du sable et du gravier, étaient de 44 p. cent en 1974 et 40 p. cent en 1975. De même, la partie des coûts du transport pour les pierres (incluant certaines pierres qui ne sont pas utilisées pour les granulats), était de 25 p. cent en 1974 et 23 p. cent en 1975* ». Commission canadienne des Transports, 1978.)

D'après les estimations, 97 p. cent de la totalité du sable, du gravier et des pierres ont été transportés par camion, le reste par bateau et chemin de fer. Les expéditions de granulats comprenaient environ deux tiers de sable et de gravier et un tiers de pierre. En 1980, on a expédié 327 millions de tonnes de sable et de gravier et 103 millions de tonnes de pierres, soit 430 millions de tonnes au total ou une moyenne per capita d'environ 17 tonnes. Du point de vue de la production, le centre du Canada (Ontario et Québec) représentent 70,5 p. cent de toute la production des granulats (Canadian Mining Journal, 1981) et il ne fait aucun doute que la consommation est équivalente à ce chiffre.

Les données disponibles sur le nombre, l'importance et l'emplacement des carrières à ciel ouvert et souterraines (y compris les exploitations abandonnées) sont trop limitées pour évaluer de façon précise, à l'échelle nationale, ce secteur de l'industrie minière. Aussi, pour pouvoir donner une idée de l'étendue des activités dans le domaine des matériaux de construction au Canada, un inventaire restreint des carrières et sablières dans l'Est du Canada a été effectué dans le cadre de cette étude (Environnement Canada, 1977). L'inventaire a porté plus particulièrement sur les sites de l'Ontario, du Québec, du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Écosse, de l'Île-du-Prince-Édouard et de Terre-Neuve qui, globalement, représentaient 78 p. cent de la production des granulats au Canada, et étaient situés près de centres comptant plus de 500 habitants. Les carrières de sable et de gravier constituent plus de 90 p. cent des 4997 exploitations recensées. Ce chiffre englobait les sites actuellement en exploitation ainsi que les sites fermés temporairement ou abandonnés.

Quatre-vingt-un pour cent des sites étaient situés en Ontario et au Québec. Soixante-huit pour cent des sites étaient situés dans un rayon de 8 km autour d'un centre densément peuplé et 46 p. cent dans un rayon de 5 km (tableau 14). Il n'y avait que 36 exploitations de chaux et de ciment au Canada en 1978 qui tiraient leurs matières premières de leurs propres carrières. Les autres faisaient appel pour leur approvisionnement à d'autres carrières indépendantes.

En 1978, la Commission canadienne des transports estimait que les réserves en granulats minéraux pourraient suffire à la demande dans toutes les régions du Canada, à l'exception de l'Île-du-Prince-Édouard et du district du Mackenzie (Territoires du Nord-Ouest). Cependant, des pénuries locales ont été signalées à Saint-Jean (Terre-Neuve), Sydney et Halifax (Nouvelle-Écosse), Moncton (Nouveau-Brunswick), Gaspé et les îles de la Madeleine (Québec), dans le sud-ouest de l'Ontario, à Portage-la-Prairie (Manitoba), à Swift Current et Weyburn (Saskatchewan), aux environs de Coronation (Alberta), et dans la grande région de Vancouver (Colombie-Britannique).

Par exemple, dans les basses-terres du Fraser et de la grande région de Vancouver, l'expansion urbaine et divers règlements limitant l'utilisation des sols ont créé un problème. En effet, sur 16 municipalités, sept n'ont aucune réserve de granulats et sept ont de deux à dix années d'approvisionnement, si l'on se base sur le niveau de production de 1978 (Hora, 1981). Sur les 12 millions

Tableau 13
Production canadienne de minéraux non métallifères en 1980

	Production annuelle (tonnes x 10^3)	Nombre de mines en exploitation	Provinces/Territoire
Minéraux industriels			
Amiante	1 335	11	Qué., Ont. C.-B., T.-N.
Barytine	S/O	5	Alta, C.-B., Yukon
Bentonite	S/O	3	Alta, Man., Sask.
Gypse	7 209	14	N.-B., N.-É., T.-N., Ont., Man., C.-B.
Mica	S/O	1	Qué.
Saponite, talc	87	4	Qué., Ont.
Sel	7 029	8	N.-É., Ont., Alta, Sask.
Silice	S/O	13	T.-N., Qué., Ont., Man., Sask., C.-B.
Sodium (sulfate de)	496	9	Sask., Alta
Syénite néphélinique	592	2	Ont.
Matériaux de construction			
Chaux	2 063	15	N.-B., Qué., Ont., Man., Alta., C.-B.
Ciment	10 497	21	Toutes les provinces sauf le Manitoba et l'Île-du-Prince-Édouard
Pierre	103 281	en grand nombre	Toutes les provinces
Sable et gravier	327 860	en grand nombre	Toutes les provinces
Engrais			
Potasse	7 532	10	Saskatchewan
Tourbe	488	S/O	Toutes les provinces sauf l'Île-du-Prince-Édouard

S/O = sans objet

Sources : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1977, 1979d ; Canadian Mining Journal, 1981

de tonnes requises annuellement, 5 millions sont importées, dont 4 doivent être transportées par péniche, sur des distances pouvant atteindre 110 km.

Étant donné les pénuries et les pressions locales occasionnées par les affectations des terres à d'autres fins, les organismes provinciaux et fédéraux ont participé activement à des programmes pour localiser, quantifier et classifier toutes les sources existantes de granulats et les nouvelles sources possibles. Une meilleure gestion de l'utilisation des sols, en ce qui concerne les ressources en granulats, était essentielle à la mise en œuvre des programmes. À cette fin, un grand nombre de provinces s'efforcent d'élaborer une politique pour l'exploitation des granulats dans un cadre régional. Cela a entraîné des changements dans les règlements d'aménagement et les règlements municipaux existants ainsi que la nécessité d'incorporer ces changements dans les politiques d'utilisation des sols et les programmes de gestion des ressources. Le problème des pénuries locales a forcé les intéressés à considérer la possibilité d'utiliser davantage le transport ferroviaire et maritime pour les granulats provenant de régions éloignées.

Engrais

La Saskatchewan est le seul producteur actuel de *potasse* (KCl ou sylvite) au Canada (voir la carte 8a). Les gisements de potasse dans la Saskatchewan font partie des formations par évaporation des Prairies qui s'étendent de la partie nord-ouest du Dakota du Nord jusqu'au centre de la Saskatchewan (LRZ II.3). Une petite partie du gîte se prolonge dans le Manitoba. Toute la potasse qui peut être extraite par des moyens conventionnels (puits) se trouve en Saskatchewan, à des profondeurs inférieures à 1067 mètres. La potasse dans le Dakota du Nord est à de trop grandes profondeurs pour pouvoir être extraite de façon rentable à l'aide de la technologie actuelle. Les couches exploitées actuellement par dissolution en Saskatchewan ont une épaisseur de 2 à 3,5 mètres et contiennent 40 à 50 p. cent de KCl (sylvites) ou 24 à 30 p. cent de K_2O (oxyde de potassium). Selon des évaluations prudentes des réserves récupérables, il y aurait 118 milliards de tonnes de KCl ou, après raffinage, 70 milliards de tonnes de K_2O (ministère des Ressources minérales de la Saskatchewan, 1976).[9] En 1979, environ 7,5 millions de tonnes de K_2O ont été produites en Saskatchewan, par rapport à 6,3 millions de tonnes en 1978 (*Canadian Mining Journal*, 1981). Sur les dix mines en exploitation, neuf étaient exploitées

[9] Les chiffres pour le tonnage de potasse produite ou vendue sont exprimés en tonnes de K_2O (oxyde de potassium) équivalant à 60 p. cent du poids réel d'une tonne de potasse (KCl) extraite.

Carrière de roche calcaire, au sud d'Ottawa (Ont.)
Photographie : Robert Audet, Environnement Canada

souterrainement et l'une d'entre elles utilisait la technique d'extraction par dissolution.

Les seuls autres gîtes de potasse récemment découverts au Canada se trouvaient dans la région de Sussex, au nord-est de Saint-Jean (Nouveau-Brunswick) (LRZ VII). Des gîtes de potasse ont été découverts à une profondeur variant entre 457 m et 762 m, avec une teneur en K_2O de 25 à 30 p. cent soit environ la même que celle des gîtes en Saskatchewan (Branch, 1979). Les différences les plus importantes résident dans le fait que les couches du Nouveau-Brunswick sont inclinées et irrégulières tandis que celles de la Saskatchewan sont plates et continues.

L'autre engrais important pouvant être classé comme produit minier est la *tourbe*. Les gisements couvrent plus de 225 000 km² de la superficie terrestre du Canada (Clayton et coll., 1977). Les gisements varient considérablement en épaisseur et sont répandus dans les zones de climat froid cryoboréales et boréales (voir la carte 5), et presque 60 p. cent d'entre eux sont situés dans les zones boisées du Nord soumises aux conditions du pergélisol. Le Canada se place au deuxième rang dans le monde pour les ressources en tourbe, mais il n'a utilisé qu'une très petite fraction de ses ressources totales. Cependant, la tourbe pourrait constituer un combustible fort intéressant dans des régions pauvres en ressources énergétiques. La plupart de la production actuelle se trouve dans les régions du sud des provinces où la proximité des marchés locaux fait qu'elle est presque exclusivement utilisée à des fins horticoles. Selon Ripley et coll. (1978), 33 hectares seulement ont été perturbés par l'exploitation de tourbières à ciel ouvert. Des chiffres préliminaires indiquent une production de 488 000 tonnes de tourbe en 1980, dont la valeur était d'environ 42,5 millions $ (*Canadian Mining Journal*, 1981). Le Québec et le Nouveau-Brunswick sont les plus gros producteurs, et ils représentent respectivement 44 et 29 p. cent.

Tableau 14
Sommaire de sol perturbé et nombre de carrières et sablières dans l'Est du Canada (dans un rayon de 8 km autour des centres urbains)

	DISTANCE D'UNE AGGLOMÉRATION					
	0,16 km		0,16 — 4,8 km		4,8 — 8 km	
PROVINCE/TERRITOIRE	Superficie (ha)	Nombre de carrières et sablières	Superficie (ha)	Nombre de carrières et sablières	Superficie (ha)	Nombre de carrières et sablières
Nord de l'Ontario	28	2	1641	123	565	55
Ouest de l'Ontario	1171	54	3461	405	648	111
Centre de l'Ontario	773	70	2774	350	1482	253
Est de l'Ontario/Vallée de l'Outaouais	528	62	2035	438	602	140
Nord-Ouest du Québec	6	1	118	34	116	23
St-Laurent-Québec/Cantons de l'Est	889	56	2927	320	1782	226
Québec/Bas St-Laurent	52	3	269	71	53	29
Nouveau-Brunswick	45	12	307	91	105	34
Nouvelle-Écosse	44	9	755	61	163	274
Île-du-Prince-Édouard	10	3	75	31	19	4
Terre-Neuve	29	8	163	54	29	11
TOTAL	3575	280	14 525	1978	5564	1160

Source : Environnement Canada, 1977

MINÉRAUX À VALEUR ÉNERGÉTIQUE

Sables pétrolifères

Les sables pétrolifères et les ressources en huile lourde du Canada sont situés presque exclusivement en Alberta (avec de petits prolongements en Saskatchewan [LRZ II.2]). Il y a quatre gisements importants (carte 9), Athabasca, Cold Lake, Rivière de la Paix et Wabasca, sous-jacents sur une superficie de 4,9 millions d'hectares (7,5 p. cent) de l'Alberta (Simpson-Lewis et coll., 1979). Seuls les sables pétrolifères de l'Athabasca sont exploitables à l'aide des techniques classiques d'exploitation minière en surface. Avec la technologie actuelle, l'extraction en surface est limitée aux gisements dont les morts-terrains ont moins de 46 mètres d'épaisseur (150 pieds). Moins de 10 p. cent des 2,3 millions d'hectares des sables de l'Athabasca peuvent être exploités par extraction en surface. Par conséquent, une plus grande mise en valeur des sables pétrolifères de cette région et des trois autres gisements dépendra de la récupération sur place (souterraine) par chauffage du pétrole à une température telle qu'il devienne fluide. Le tableau 15 présente le résumé des mines de sables pétrolifères en exploitation. Le projet de la Great Canadian Oil Sands Co. Ltd. (maintenant Suncor) est complètement réalisé depuis 1967 et produit 6400 mètres cubes par jour de pétrole brut synthétique, tandis que la Syncrude Canada Ltd. a commencé une production partielle en 1978. On prévoit une production maximale de 20 000 mètres cubes par jour (125 000 barils/jour) entre 1980 et 1982 (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1979*b*).

Charbon

L'existence de gisements de charbon a été établie dans toutes les provinces et territoires du Canada, sauf au Québec et dans l'Île-du-Prince-Édouard. Ils se trouvent dans des bassins sédimentaires d'âge, de catégorie, d'étendue et de qualité différents. En raison de la qualité variable du charbon, on a procédé à une classification d'après son pouvoir calorifique, sa valeur calorifique et sa teneur en matières volatiles ou en carbone fixe. Au Canada, trois groupes de charbon ont été déterminés. Dans l'ordre de valeur calorifique croissante ce sont la lignite, le charbon sub-bitumineux, et le charbon bitumineux (avec ses deux sous-groupes : très volatils et peu volatils). La distribution de ces gisements carbonifères et des bassins houillers actuellement exploités est indiquée sur la carte 9. Selon les plus

Mine de potasse, Esterhazy (Sask.)
Photographie : George Hunter, fournie par : photothèque de l'ONF

récentes évaluations des ressources en charbon exploitables et récupérables, résumées au tableau 16, on peut voir que la quantité totale de charbon exploitable au Canada est évaluée à environ 16 milliards de tonnes. Environ 6 milliards de tonnes pourront être récupérés comme charbon tout venant avec la technologie actuelle et aux prix du marché courant. Les ressources en charbon, mesurées et supposées, sont d'environ 474 milliards de tonnes (Bielenstein et coll., 1979). Plus de 97 p. cent du total des ressources en charbon récupérable se trouvent dans les trois provinces de l'ouest.

Selon des estimations préliminaires pour 1980, le Canada a produit un total de 36,5 millions de tonnes de charbon métallurgique et thermique, vendable, provenant de 26 mines, soit une augmentation d'environ 9 p. cent par rapport aux 33,2 millions de tonnes de 1979 (Alysworth, 1981)[10]. L'Alberta est le premier producteur de charbon, avec 47 p. cent, suivi par la Colombie-Britannique et la Saskatchewan avec respectivement 28 et 15 p. cent. On a recours à des méthodes d'exploitation minière souterraines et en surface. Des techniques d'exploitation souterraines, notamment par tailles, par chambres et piliers ainsi que l'abattage hydraulique ont été utilisées en Colombie-Britannique, en Alberta, en Nouvelle-Écosse et dans le Yukon.

[10] Par charbon vendable, on entend le charbon livrable à l'utilisateur final FOB. Il s'agit de charbon épuré, plus tout charbon tout venant destiné à la vente et nécessitant une usine de préparation, et de charbon récupérable dans le cas où aucune préparation n'est prévue. Les 36,5 millions de tonnes de charbon vendable représentent une moyenne d'environ 85 p. cent du charbon tout venant extrait.

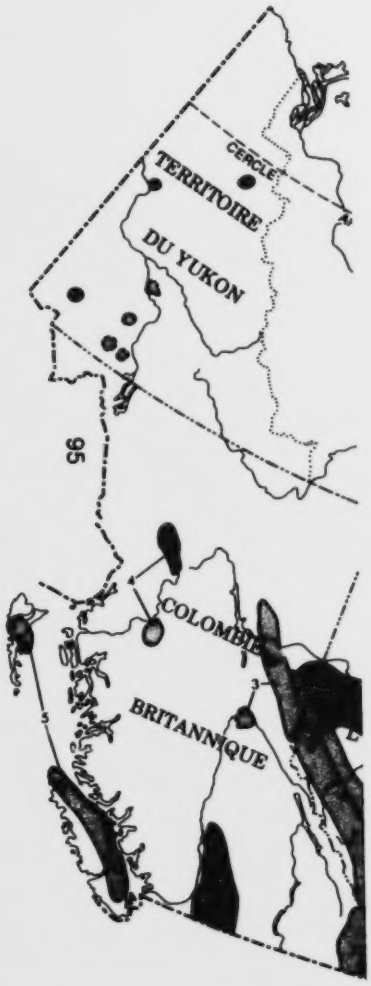
Tableau 15

Résumé des ressources estimées en sables pétrolifères et en huile visqueuse

	LLOYDMINSTER Probabilité de récupération améliorée « 50/50 »	COLD LAKE	TYPE ATHABASCA	
		in situ	Exploitation minière	*in situ*
Brut (bitume)				
Sur place — milliards de m^3	2	26	12	114
— milliards de barils	12	165	51	715
Récupération améliorée				
Pétrole — milliards de m^3	0,24 — 0,72	2,4 — 0,72	4,3	6,3 — 22,2
— milliards de barils	1,5 — 4,5	115 — 30	27	40 — 140
État de la technique de récupération	Proche du stade de la commercialisation	Techniquement prouvée	En opération commerciale	Stade expérimental
Rentabilité actuelle	Probablement économique	Peut être marginale aux prix mondiaux du pétrole	Économique aux prix mondiaux	Inconnue
Calendrier prévu	Au début des années 1980	Entre la moitié et la fin des années 1980	En cours	Fin des années 1980/début des années 1990

Source : ministère de l'Énergie des Mines et des Ressources

CARTE 9
Mines de charbon et sites d'e
des sables pétrolifères



Sources : ministère de l'Énergi
Ressources, 1979*a* et 1979*d* ; Simpso

Carte de base produite par la Direct
cartographie. Ministère de l'Énergie,

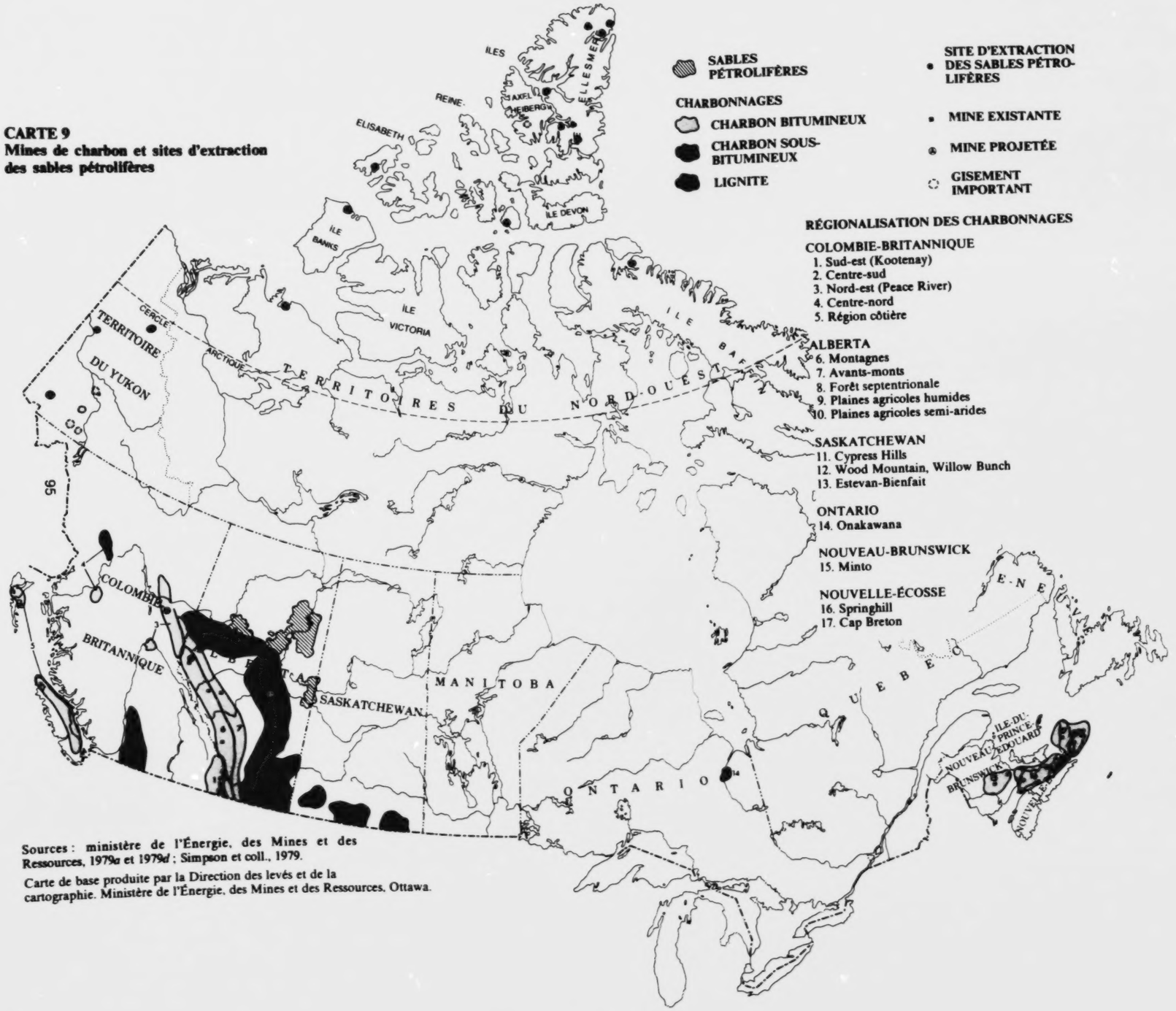
... 1979 (Alysworth, 1981)[10], ...producteur de charbon avec ... Colombie-Britannique et la ...ectivement 28 et 15 p. cent ...thodes d'exploitation minière ...surface. Des techniques ...es, notamment par tailles par ...s, que l'abattage hydraulique ...mbie-Britannique, en Alberta, ...dans le Yukon.

...entend le charbon ...rable à ...charbon épuré, plus tout charbon ...é et nécessitant une usine de ...ération dans le cas du ...aucune ...d'millions de tonnes de charbon ...moyenne d'environ 85 p. cent du

...t en huile visqueuse

TYPE ATHABASCA	
...ploita- ...ière	*in situ*
	114
	715
4.3	6.3 — 22.2
27	40 — 140
En opération commerciale	Stade expérimental
Economique aux prix mondiaux	Inconnue
En cours	Fin des années 1980/début des années 1990

CARTE 9
Mines de charbon et sites d'extraction des sables pétrolifères



RÉGIONALISATION DES CHARBONNAGES

COLOMBIE-BRITANNIQUE
1. Sud-est (Kootenay)
2. Centre-sud
3. Nord-est (Peace River)
4. Centre-nord
5. Région côtière

ALBERTA
6. Montagnes
7. Avants-monts
8. Forêt septentrionale
9. Plaines agricoles humides
10. Plaines agricoles semi-arides

SASKATCHEWAN
11. Cypress Hills
12. Wood Mountain, Willow Bunch
13. Estevan-Bienfait

ONTARIO
14. Onakawana

NOUVEAU-BRUNSWICK
15. Minto

NOUVELLE-ÉCOSSE
16. Springhill
17. Cap Breton

Sources : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1979*a* et 1979*d* ; Simpson et coll., 1979.

Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie, Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

L'exploitation en découverte est utilisée sur les plaines généralement plates du Nouveau-Brunswick, de l'Alberta et de la Saskatchewan, dans des couches près de la surface. L'exploitation minière à ciel ouvert par gradins est utilisée pour extraire le charbon de couches très plissées, profondément enfouies et de fort pendage dans les terrains montagneux de l'Alberta et de la Colombie-Britannique. Ces travaux laissent habituellement des puits profonds, aux parois escarpées.

L'importance des exploitations à ciel ouvert par rapport à celle des exploitations souterraines est illustrée au tableau 17 où sont indiquées les estimations de la production actuelle et future. Environ 85 p. cent de la production présente et future proviennent de l'exploitation à ciel ouvert ; l'élément capital réside dans le fait que les exploitations à ciel ouvert sont très visibles, utilisent des zones de terrains plus étendues et ont un potentiel de dégradation du sol plus élevé.

Uranium

En 1978, le Canada comptait six producteurs d'uranium (carte 10) : Denison Mines Ltd., Rio Algom Ltd., Madawaska Mines Ltd., et Agnew Lake Mines Ltd., en Ontario (LZR IV.1) ; Eldorado Nucléaire Ltée, et Gulf Minerals Canada Ltd./Uranez Canada Ltd. en Saskatchewan (LRZ IV.2). La production d'uranium en 1979 s'élevait à 6811 tonnes, contre 6803 tonnes en 1978 (Williams, 1980).

Une septième mine a été ouverte en mai 1979, près d'Uranium City (Cene Ltd.), mais a fermé après un incendie ; son avenir est encore incertain. La mine de Rabbit Lake en Saskatchewan est une exploitation à ciel ouvert, et la mine d'Agnew Lake est une combinaison d'exploitation souterraine et à ciel ouvert de lixiviation en tas sur aire préparée. Cependant, des problèmes techniques d'exploitation à ciel ouvert de lixiviation en tas sur aire préparée ont eu pour effet de suspendre progressivement les travaux dès le début

Tableau 16
Réserves de charbon au Canada, par classe, en 1977

CHARBON EXPLOITABLE[1] (en mégatonnes)					CHARBON RÉCUPÉRABLE[2] (en mégatonnes)				
Province/ Territoire	Classe[3]	Extraction souterraine	Extraction en surface	Total	Province/ Territoire	Classe[3]	Extraction souterraine	Extraction en surface	Total
Nouvelle-Écosse	hvb	364	6	370	Nouvelle-Écosse	hvb	89		89
Nouveau-Brunswick	hvb		46	47	Nouveau-Brunswick	hvb		33	33
Ontario	lig		218	218	Ontario	lig	—	—	—
Saskatchewan	lig		2 150	2 150	Saskatchewan	lig		1 720	1 720
Alberta	sub	1 347	5 981	7 328	Alberta	sub	S/O	S/O	2 182
	h-mvb	424	513	937		h-mvb	84	155	239
	l-mvb	562	958	1 520		l-mvb	64	227	291
Colombie-Britannique et Yukon	lig		839	839	Colombie-Britannique et Yukon	lig		397	397
	h-mvb	54	492	546		h-mvb	S/O	S/O	51
	l-mvb	582	1 555	2 137		l-mvb	44	860	904
TOTAL AU CANADA	lig		3 207	3 207	TOTAL AU CANADA	lig		2 117	2 117
	sub	1 347	5 981	7 328		sub	S/O	S/O	2 182
	bit	1 986	3 570	5 556		bit	S/O	S/O	1 607

1. Par CHARBON EXPLOITABLE (niveau 1), on entend la partie des ressources mesurées et estimées, présentant un intérêt immédiat dans un charbonnage, et qui peut être jugée exploitable à l'aide de la technique actuelle et compte tenu des critères économiques généraux concernant uniquement la méthode d'abattage.

2. Par CHARBON RÉCUPÉRABLE (niveau 2), on entend la partie du CHARBON EXPLOITABLE (niveau 1) qui peut être récupérée comme charbon tout venant à l'aide de la technique actuelle et aux prix du marché courant. Les charbonnages doivent répondre aux conditions de l'exploitation et l'infrastructure nécessaire doit être en place ou pourrait être amortie par les ventes de charbon.

3. lig — lignite ; bit — bitumineux ; sub — sous-bitumineux ; hvb — bitumineux à volatilité élevée ; lvb — bitumineux à faible volatilité ; mvb — bitumineux à volatilité moyenne

S/O = Données inaccessibles

Source : Bielenstein et coll., 1979

1980 (Williams, 1980). Les autres mines utilisent des méthodes d'exploitation souterraine.

Le tableau 18 résume l'évaluation la plus récente des ressources en uranium du Canada effectuée par la Section d'Évaluation des Ressources en Uranium (SERU) du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (1979*c*). Sur toutes les ressources exploitables (mesurées, estimées et prévues), environ 68 p. cent sont en Ontario et 27 p. cent en Saskatchewan. Des ressources supplémentaires ont été estimées dans des prolongements possibles de gisements existants explorés par forage (voir la figure 15). Environ 42 p. cent des ressources prévues se trouvent en Ontario, 35 p. cent en Saskatchewan et 14 p. cent dans les Territoires du Nord-Ouest.

EXPLOITATION MINIÈRE FUTURE

MINÉRAUX MÉTALLIFÈRES

La carte 11 indique l'emplacement des principales régions contenant des réserves de minéraux métallifères et présentant des possibilités d'exploitation minière. Les données présentées ne dressent pas un inventaire complet et n'incluent pas les découvertes faites au cours des cinq dernières années. L'étude représente les meilleures données disponibles sur les gisements de minéraux qui sont rentables aujourd'hui ou qui le seront dans les 20 prochaines années par suite des changements économiques et techniques prévus. L'objet de la carte est de localiser les zones géographiques où des

Tableau 17

Approximation de la production de charbon actuelle et future au Canada provenant des mines de surface et souterraines (en tonnes x 10^6)

Province/ Territoire	1977*		1990-2000	
	Extraction en surface	Extraction souterraine	Extraction en surface	Extraction souterraine
Colombie-Britannique	10,6	0,8	24,3	4,0
Alberta	12,1	1,7	41,6	5,3
Saskatchewan	5,5	0,0	16,0	—
Ontario	—	—	4,7	—
Nouveau-Brunswick	0,3	—	1,3	—
Nouvelle-Écosse	0,02	2,6	0,13	4,98
Yukon	—	0,1	0,0	0,01
CANADA	28,5	5,2	88,0	14,3
Pourcentage	84,5	15,5	86,0	14,0

*D'après la production de charbon brut

Sources : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1979a ; Blakeman, 1980

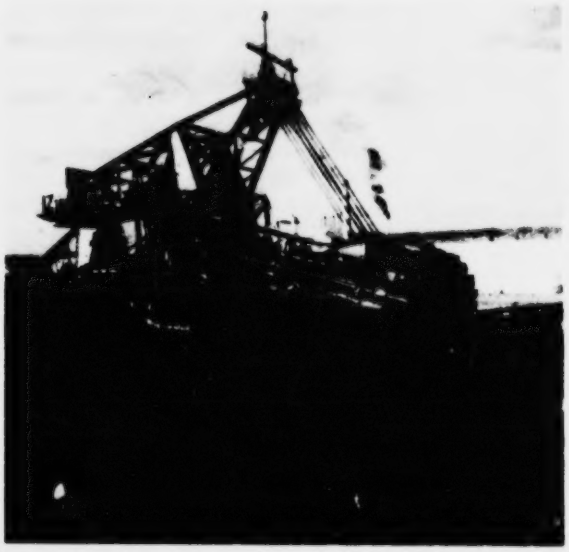
exploitations minières pourront avoir lieu dans les vingt prochaines années, au lieu d'essayer de quantifier ou d'indiquer l'emplacement des réserves selon le type de gisements, le tonnage ou la qualité, ou encore de prévoir la date de début de la production à chacun de ces emplacements. La nature sans cesse changeante des réserves et des ressources de minéraux utilisables — particulièrement grâce à de nouvelles découvertes et à des changements dans l'évaluation des réserves — ainsi que la nature polymétallique des gisements excluent toute détermination précise de l'exploitation des mines au-delà des années 1980. Cependant, il est possible de fournir quelques indications sur la distribution régionale des nouvelles activités minières que l'on prévoit.

Les groupes suivants de minéraux ont été examinés au cours de l'étude[11] :

GROUPE I	GROUPE II	
Cuivre	Antimoine	Mercure
Molybdène	Argent	Métaux du groupe des
Nickel	Béryllium	minerais de platine
Plomb	Bismuth	Niobium (colombium)
Uranium	Chrome	Or
Zinc	Lithium	Tantale
	Manganèse	Titane

Les gisements de minerai de fer ne contenant pas d'importantes quantités d'un ou plusieurs des métaux susmentionnés ont été exclus. De plus, quelques-uns des gisements de minerai (voir la carte 11) contiennent plus d'une zone minéralisée ayant un potentiel d'exploitation minière et, de ce fait, le nombre réel des sites miniers pourrait être plus élevé. Deux cent trente-cinq gisements de minéraux sont indiqués sur la carte, répartis dans les principales régions minières, et les deux tiers d'entre eux sont à divers stades de mise en valeur. Deux cent trente-huit autres gisements ont été identifiés dans le même rapport comme ayant peu de chances d'être mis en valeur avant l'an 2000. La distribution de la mise en valeur des mines de minéraux métallifères selon les zones de ressources foncières est illustrée à la carte 12. Cependant, un Inventaire des gisements de minéraux canadiens inexploités en 1980, récemment publié (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1980), révèle une importante

[11] Les minéraux du groupe I ont été étudiés plus en détail que ceux du groupe II, fournissant ainsi une base de données plus précise. Cela indique l'importance générale qu'a ce groupe dans la production des minéraux au Canada, puisqu'il représente environ deux tiers de toute la production minière. L'amiante est le seul minerai non métallifère inclus dans cette étude. Cependant, il a été étudié dans la section suivante de cette étude traitant des minéraux non métallifères.



Excavateur à godets utilisé pour l'extraction des sables pétrolifères, Fort Murray (Alta)
Photographie : George Hunter, fournie par : photothèque de l'ONF

augmentation du nombre de nouveaux gisements explorés et découverts, puisqu'ils sont passés de 473 en 1975 à plus de 1300 en 1980 (ce qui inclut les minéraux industriels non métallifères). Contrairement à une étude précédente (Annis et coll., 1976) cet inventaire de 1980 n'indiquait pas à quels stades d'exploitation en étaient les gisements.

Selon une comparaison établie entre la distribution des gisements de minéraux connus en 1975 et 1980 (carte 13) et la distribution des mines actuellement en exploitation (carte 14), le plan général des travaux d'exploration et de l'exploitation éventuelle des mines n'a pas beaucoup changé. Les plus fortes concentrations de gisements connus sont toujours celles situées dans la moitié sud du Bouclier canadien (zones de ressources foncières LRZ IV.1 et IV.2) et dans le sud de la Cordillère (LZR I.2). Il y a une légère augmentation du pourcentage des activités (5 p. cent) dans la moitié sud du Bouclier (LRZ IV.1), en Ontario et au Québec, et dans la zone des Appalaches (LRZ IV). Une légère diminution est survenue à l'ouest et au sud-ouest de la baie d'Hudson, dans le Bouclier (LRZ IV.2 et IV.3).

En 1976, Martin et coll. (1976) ont prévu les besoins pour sept métaux importants (nickel, cuivre, plomb, zinc, molybdène, fer et oxyde d'uranium) d'ici l'an 2000 en se fondant sur les résultats d'une étude antérieure (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1975). Les prévisions sont basées sur une croissance économique mondiale constante et

aucune difficulté de production à long terme chez les principales sociétés productrices, aucun changement marqué dans les structures commerciales mondiales ni dans les tendances de croissance démographique. On a estimé que dans les 25 prochaines années (1976-2000), 228 nouvelles mines devront être mises en exploitation (nombre très proche des nouvelles découvertes effectuées en 25 années, de 1945 à 1970). Il faut relever que ce chiffre ne comprend pas de mines de nickel et de minerai de fer, les réserves ayant été jugées suffisantes pour répondre à la demande jusqu'en l'an 2000. On prévoit que la demande d'acier au Canada (16 millions de tonnes en 1980) passera à 17,5 en 1985 et à 20 millions de tonnes d'ici l'an 2000 (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1979e). Une très faible augmentation des exportations de minerai de fer est prévue dans les dix prochaines années, en raison de la concurrence acharnée des pays étrangers comme l'Afrique, le Brésil, l'Inde et l'Australie. De plus, les producteurs de minerai de fer des États-Unis sont plus proches des producteurs d'acier canadiens du sud de l'Ontario, et de ce fait, les frais d'expédition sont plus bas, l'infrastructure étant déjà établie.

La demande totale en mines nouvelles a été abaissée afin de tenir compte de la nature polymétallique d'un grand nombre de gisements contenant du cuivre, du plomb, du zinc ou du molybdène. Par exemple :

Tableau 18
Estimation des ressources en uranium au Canada, en 1978

Exploitables aux prix de l'uranium**	Tonnes d'uranium contenues dans le minerai exploitable* (en milliers)			
	Ressources raisonnablement assurées**		Ressources supplémentaires estimées***	
	Mesurées	Estimées	Présumées	Prévues
Maximum de 125$/kg de U	76	139	223	147
125$ à 175$/kg de U	4	16	79	279
TOTAL	80	155	302	426

* La quantité d'uranium récupérable d'un tel minerai sera moins importante, à cause des pertes dues au broyage (voir le texte).

** Les montants en dollars se rapportent au prix du marché d'une quantité de concentré d'uranium contenant 1 kg d'uranium élémentaire. Les prix ont été utilisés dans la détermination de la perte de minerai dans chaque gisement en tenant compte des méthodes d'exploitation et des pertes dues au broyage.

*** Termes utilisés par l'Agence de l'Énergie nucléaire de l'OCDE et l'Agence internationale de l'énergie atomique à des fins de comparaison internationale. Les « *Ressources raisonnablement assurées* » se rapportent à l'uranium présent dans les gisements de minerais connus, d'une importance, d'une teneur et d'une configuration telles qu'il pourrait être récupéré dans des limites de coûts de production donnés au moyen d'une technique prouvée d'exploitation et de transformation. Les estimations de tonnage et de teneur sont fondées sur des données précises et des mesures d'échantillons prélevés dans les gisements ainsi que sur la connaissance des caractéristiques des gisements. L'existence des ressources raisonnablement assurées présente un degré élevé de certitude et dans la catégorie des coûts inférieurs à 80$/kg de U (30$/lb U O), ces ressources sont considérées comme *réserves* pour les besoins de ce rapport. Les *Ressources supplémentaires estimées* concernent, outre les ressources raisonnablement assurées, l'uranium que l'on prévoit trouver, principalement à partir de preuves géologiques directes, dans des prolongements de gisements bien explorés, peu explorés, et de gisements présumés et censés exister le long d'un axe géologique bien défini sur lequel s'alignent les gisements connus. De tels gisements peuvent être identifiés, délimités et par la suite, l'uranium peut être récupéré, compte tenu des échelles de coûts donnés. Les estimations de tonnage et de teneur sont fondées principalement sur la connaissance des caractéristiques du gisement telles que définies dans ses parties les mieux connues ou dans des gisements similaires. Les estimations relevant de cette catégorie sont moins fiables que dans le cas des ressources raisonnablement assurées.

Source : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1979c

CARTE 10
Mines d'uranium
GISEMENTS ET RÉGIONS OÙ L'ON DEVRAIT TROUVER DE L'URANIUM

SITES MINIERS
- ANCIEN
- ACTUEL
- PROJETÉ

ENRICHISSEMENT
- AFFINERIE

Reproduit de W. Simpson-Lewis et coll., 1979.

Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

« Une mine de zinc d'importance moyenne (10-50 millions de tonnes de minerai) représentant un tonnage type des réserves totales de zinc peut aussi produire un tonnage important de plomb comme sous-produit. Ainsi les nouvelles mines de zinc qui devront être mises en exploitation entre 1991 à 1995, pour citer une période, seront à même de satisfaire en grande partie à la demande totale en plomb au cours de cette période. » (Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1975).

De plus, il faut tenir compte des autres métaux de sous-produits associés au cuivre, au plomb, au zinc et au molybdène afin de donner une estimation précise des futurs besoins miniers. En 1979, l'Association des mines du Canada (*Western Miner*, 1979) a prévu qu'au moins 280 nouvelles mines (une moyenne de 13 mines par année) seraient nécessaires d'ici l'an 2000, à la seule fin de garantir au Canada sa part actuelle du marché mondial. Ce chiffre incluait tous les minerais métallifères et non métallifères, à l'exception des matériaux de construction.

D'ici 1985 (tableau 19), il faut s'attendre à une période de croissance accélérée dans la mise en valeur des mines, dans certains secteurs de l'industrie. Dans l'ensemble, le marché minier a baissé entre 1973 et 1979. Entre 1979 et 1985, période visée dans ce tableau, 64 engagements ont été pris pour de nouvelles mines ; on a procédé à d'importantes expansions de mines existantes et à la réouverture d'anciennes mines, en plus de 19 nouveaux projets miniers. La distribution de ces projets miniers, selon les zones de ressources foncières, est représentée sur la carte par type d'exploitation (carte 15) et par type de mine (carte 16). La carte 17 indique l'emplacement et les minerais produits dans ces nouvelles mines, dont l'exploitation a débuté en janvier 1978 et 1979 (une augmentation de 10 à 22).

Sur les 83 exploitations de mines de métal, vingt-deux sont liées à l'augmentation de la production de l'or, et la moitié d'entre elles sont nouvelles. Pour le reste, il s'agit soit d'expansion de mines existantes, soit de réouverture d'anciennes mines. La montée rapide du prix de l'or, qui est passé d'un minimum de 200 $ US en 1978 à plus de 600 $ US en 1980, a créé une sorte de ruée vers l'or. Les mines qui n'étaient pas rentables auparavant le sont devenues, sans oublier l'avantage que représente le dollar canadien dévalué. La plus forte concentration de mines d'or se trouve au Québec (11), suivie par l'Ontario, le Yukon et la Colombie-Britannique. Plus de 6400 km de concessions minières et de baux ont été octroyés en 1980, dont la majorité est concentrée dans les vallées du Klondike, du Kluane, de Clear Creek, de Mayo et de la rivière Leduc. Cependant, une grande partie du jalonnement récent est à la périphérie des principales zones de placers établies. Dans le Yukon, à l'exception de deux projets de mines souterraines, l'accent est surtout mis sur un nombre important de placers et de concessions minières individuelles de moindre importance. En janvier 1980, il y avait 106 exploitations de placers productifs dans le Yukon, dont 94 dans les régions du Klondike et de la rivière Sixty Mile (voir la carte 4). De plus, il est possible que 20 à 30 projets d'exploitation de petites mines d'or souterraines soient retenus et mis à exécution dans les cinq prochaines années. Plusieurs de ces mines comprennent la récupération des résidus de mines dans des mines abandonnées (surtout en Ontario et au Québec).

Plus de la moitié des gisements de minerais métallifères qui vont être mis en exploitation le seront pour satisfaire la demande croissante de cuivre, de molybdène, de plomb et de zinc, et onze de ces gisements se trouvent au Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest (incluant un projet de mine d'uranium). On prévoit dans la plupart des cas, extraire de l'or et de l'argent en tant que sous-produits. Le développement de l'exploitation minière en Colombie-Britannique est centré sur les mines nouvelles, agrandies ou réouvertes, de cuivre, de cuivre/molybdène, de cuivre/argent, ou de cuivre/or (17 en tout). Dans les régions minières traditionnelles du Bouclier canadien septentrional les nouvelles mines produisent surtout du cuivre/zinc (avec du plomb, de l'argent ou de l'or comme sous-produits) et les principales expansions de mines sont associées à la production de cuivre, de plomb, de zinc et de nickel.

De façon générale, des efforts sont déployés pour parvenir à une plus grande diversification des minerais extraits dans la région des Appalaches et l'entrée en production de deux nouvelles mines de plomb et de plomb/zinc, en Nouvelle-Écosse, est un début. Une nouvelle mine de tungstène est d'autre part en cours d'exploitation au Nouveau-Brunswick et, mis à part celle de Tungsten dans les Territoires du Nord-Ouest, c'est la seule autre mine du genre au Canada.

MINÉRAUX NON MÉTALLIFÈRES

L'exploitation future des mines de minerais industriels et d'engrais indique qu'entre 1979 et 1985 des engagements ont été pris pour trois nouvelles mines, neuf agrandissements importants de mines existantes et des projets ont été soumis pour quatre mines (voir les cartes 15 et 16).

CARTE 11

Emplacement des gisements minéraux connus susceptibles d'être économiquement exploitables avant l'an 2000

y compris les gisements de Cu, Mo, Ni, Pb, U, Zn, Nb/Cb, Sb, Ta, Ti, V, W, les platinides et l'amiante

Remarque : La carte indique les gisements de minerai connus, susceptibles de devenir productifs, sous réserve de conditions économiques favorables. Il ne s'agit pas d'un inventaire complet et les gisements découverts après 1975 ne figurent pas sur cette carte. De plus, certains gisements contiennent plus d'une zone de minéralisation avec un potentiel minier. L'amiante et le titane sont les seuls minéraux non métallifères inclus sur cette carte.

Source : Annis et coll., 1976.

Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie, Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

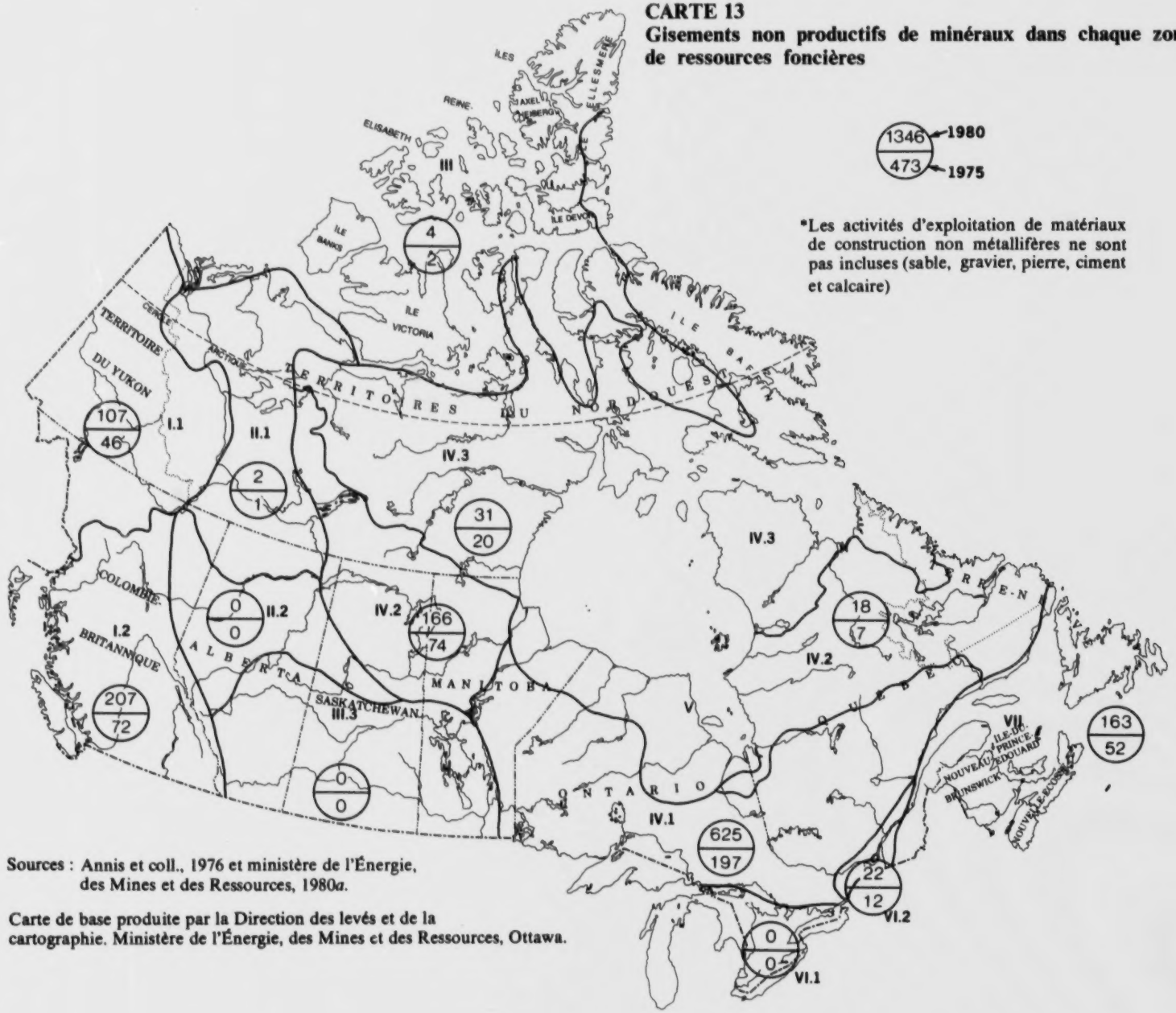
CARTE 12
Distribution des gisements de minéraux métallifères connus dans chaque zone de ressources foncières

*Les activités d'exploitation de matériaux de construction non métallifères ne sont pas incluses (sable, gravier, pierre, ciment et calcaire)

Source : Annis et coll., 1976.

Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

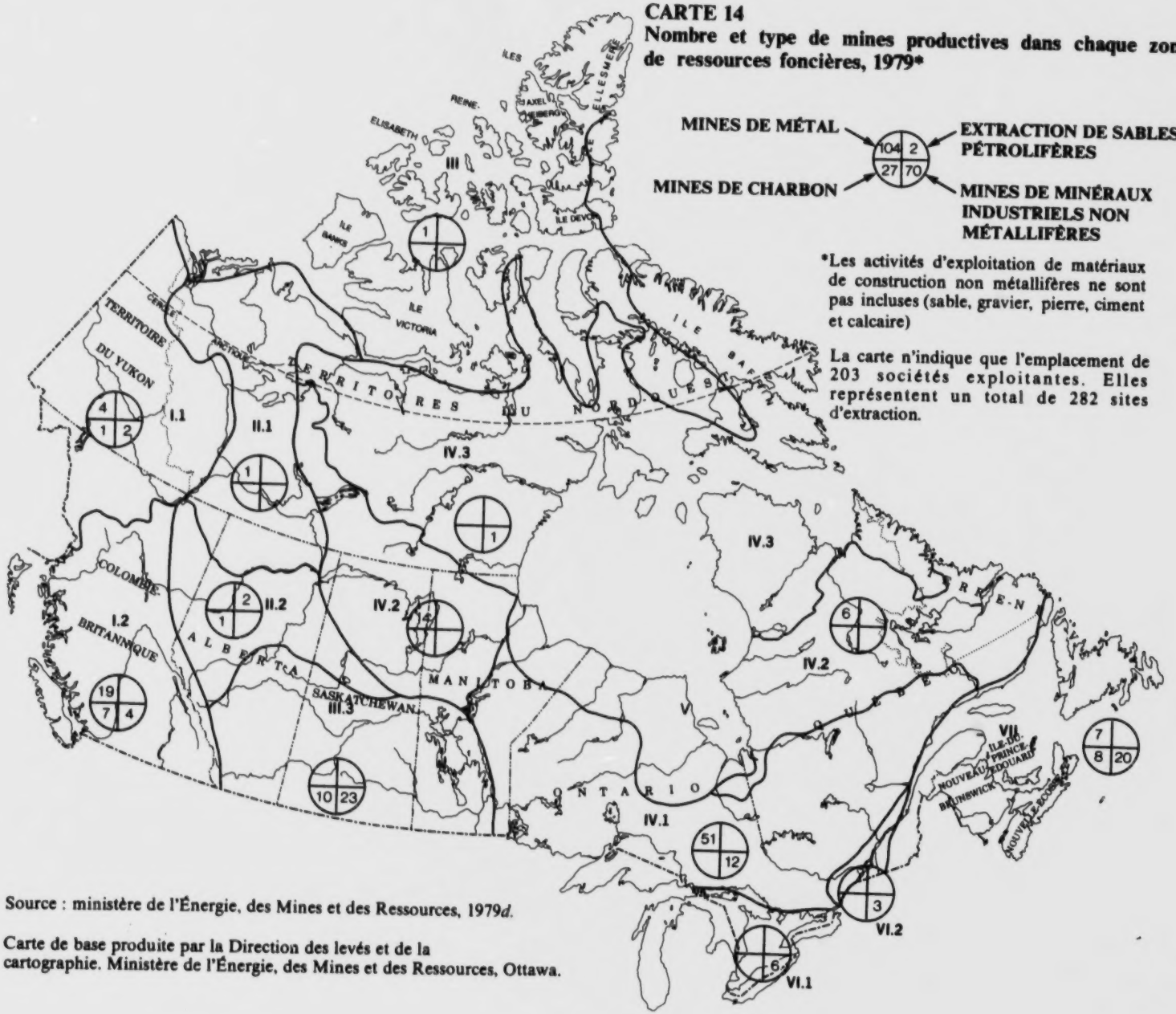
CARTE 13
Gisements non productifs de minéraux dans chaque zone de ressources foncières



Sources : Annis et coll., 1976 et ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1980*a*.

Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

CARTE 14
Nombre et type de mines productives dans chaque zone de ressources foncières, 1979*



*Les activités d'exploitation de matériaux de construction non métallifères ne sont pas incluses (sable, gravier, pierre, ciment et calcaire)

La carte n'indique que l'emplacement de 203 sociétés exploitantes. Elles représentent un total de 282 sites d'extraction.

Source : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1979*d*.

Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

Pour la première fois, on extraira de la potasse ailleurs qu'en Saskatchewan, puisque deux nouvelles mines (potasse/sel) au nord-est de Saint-Jean (Nouveau-Brunswick) seront mises en exploitation (voir carte 17). De plus, six mines de potasse en Saskatchewan augmentent leur production, et cette expansion devra être rapide dans les années 1980 pour faire face aux principaux concurrents étrangers (Russie et Allemagne de l'Est). Un taux de croissance annuelle de 4,3 p. cent est prévu dans l'industrie (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1980). Une nouvelle mine de sel est en cours d'exploitation aux Îles de la Madeleine.

À l'exception des mines de potasse et de sel, les engagements pour exploiter d'autres nouvelles mines sont rares et s'en tiennent seulement au stade de projet. Trois possibilités de mines d'amiante font actuellement l'objet d'une étude au Québec (régions d'Amos et de Chibougamau dans le Nord-Ouest, et Asbestos Hill près de la baie d'Ungava, voir la carte 1) et une autre au lac Deese dans le nord-ouest de la Colombie-Britannique. Cependant, il se peut que l'exploitation des mines d'amiante soit reportée d'une part à cause des incertitudes qui planent quant aux intentions du gouvernement du Québec, mais aussi à cause du ralentissement dans le secteur de la construction et des lois sur l'environnement qui restreignent l'utilisation de l'amiante aux États-Unis et dans les pays du Marché commun européen, qui constituent les deux principaux marchés (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1980). L'expansion des mines existantes pourrait combler

Tableau 19
Exploitation minière projetée pour la période 1979-1985. Résumé des mines nouvelles, réouvertes et éventuelles et principaux projets d'expansion au Canada, à compter du 1er janvier 1980

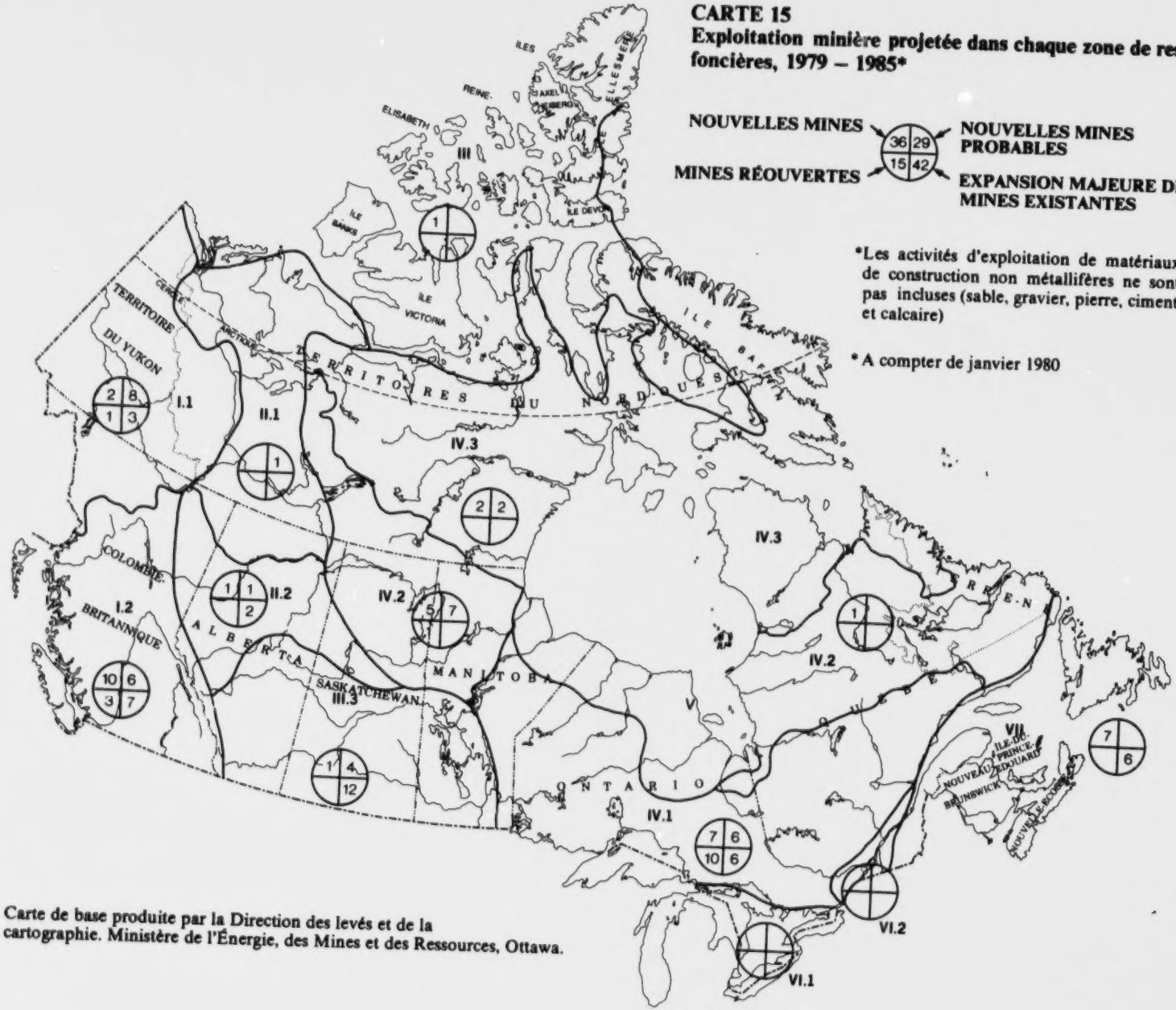
	Nouvelles mines	Mines réouvertes	Expansion majeure	Nouvelles mines exploitables	Total
Colombie-Britannique	10	4	7	7	28
Alberta	2		7	5	14
Saskatchewan	4		8		12
Manitoba			4		5
Ontario	1	3	4	2	10
Québec	7	7	7	4	25
Nouveau-Brunswick	3		1		4
Nouvelle-Écosse	3				3
Terre-Neuve					
Labrador	1				1
Yukon/Territoires du Nord-Ouest	4		4	11	20
TOTAL	36	16	42	29	122

Sources : Pabst, 1979a et 1980 ; Western Miner, 1979 et 1980 ; Roberts, 1981

CARTE 15
Exploitation minière projetée dans chaque zone de ressources foncières, 1979 – 1985*

*Les activités d'exploitation de matériaux de construction non métallifères ne sont pas incluses (sable, gravier, pierre, ciment et calcaire)

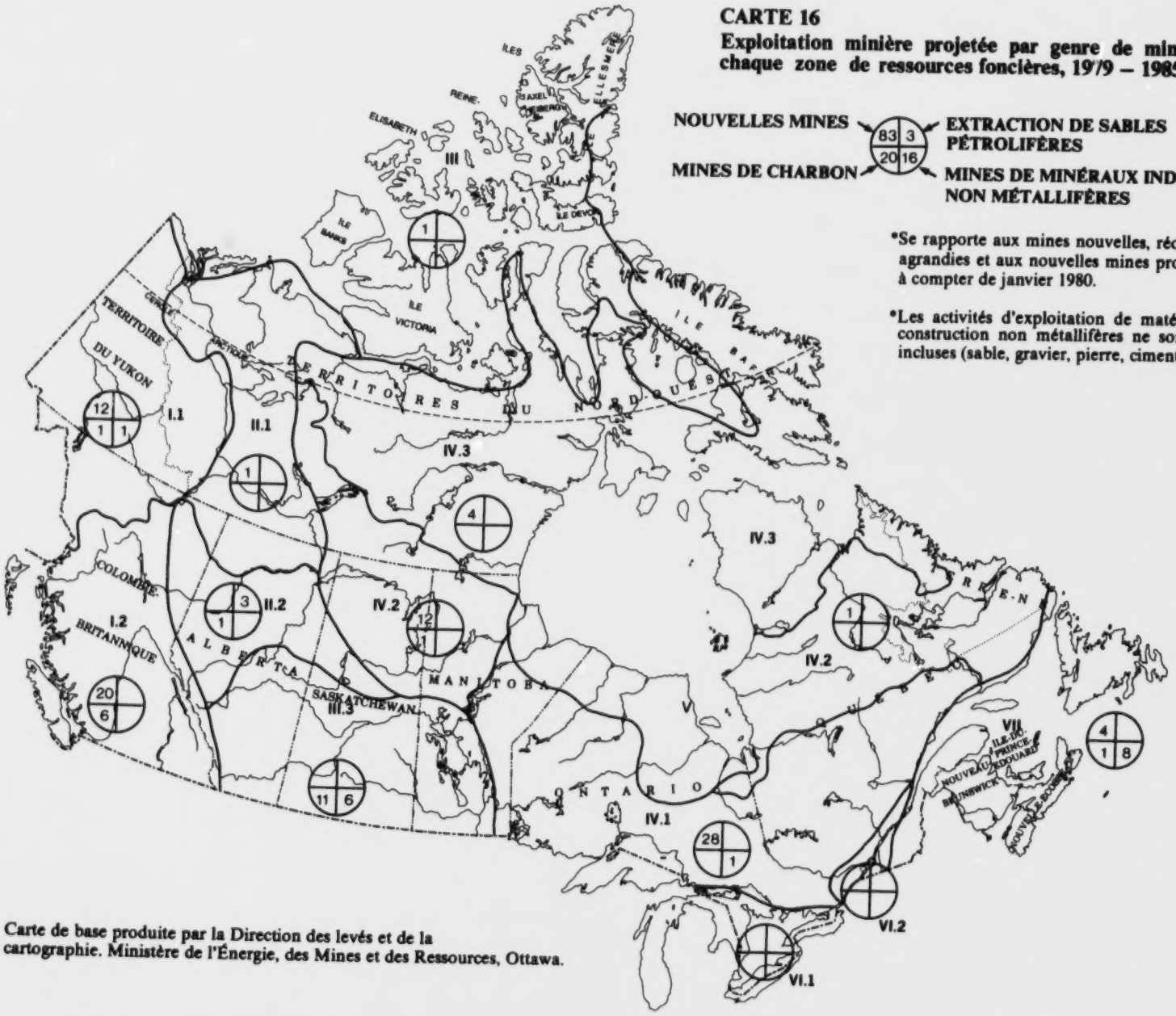
* A compter de janvier 1980



Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

CARTE 16

Exploitation minière projetée par genre de mine, dans chaque zone de ressources foncières, 1979 – 1985*



*Se rapporte aux mines nouvelles, réouvertes, agrandies et aux nouvelles mines probables, à compter de janvier 1980.

*Les activités d'exploitation de matériaux de construction non métallifères ne sont pas incluses (sable, gravier, pierre, ciment et calcaire)

Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

CARTE 17
Mines préparées pour l'exploitation : 1978, 1979

1978

1979

Tiré de : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1979*d*.

une grande partie des besoins envisagés. Ainsi, les taux de croissance annuelle sont susceptibles de demeurer bas, soit entre 1,5 et 2 p. cent.

On ne disposait pas de prévisions sur l'exploitation des carrières pour les autres minerais industriels et matériaux de construction. La demande étant fortement dépendante de l'industrie de la construction, il est à prévoir qu'ils proviendront en général de sites proches des zones les plus peuplées du Canada. L'épuisement des ressources existantes et les difficultés d'accès aux sites de granulats dans certaines régions risquent d'entraîner des problèmes à l'avenir. Étant donné que la majorité des granulats est transportée par camion, la distance est habituellement limitée à moins de 40 km. D'autres modes de transport ou même d'exploitation des granulats devront être considérés dans certaines régions, par exemple Toronto, Vancouver et environs, et dans un proche avenir, afin d'assurer l'approvisionnement à des prix compétitifs. Certaines provinces étudient déjà les possibilités de transport des granulats par chemin de fer et péniches et, dans certains cas, la possibilité d'extraire souterrainement la pierre concassée dans les limites des centres urbains. Au cours des dernières années, la demande s'est stabilisée à 17 tonnes per capita pour l'ensemble du Canada ; cependant, le développement économique rapide de certaines régions, particulièrement celles situées dans les trois provinces les plus à l'Ouest, devrait entraîner une importante augmentation de l'exploitation du sable, du gravier et de la pierre concassée.

L'*United States Bureau of Mines* (1976) prévoit un taux de croissance annuelle de 2,8 p. cent pour le sable et le gravier, et de 3,2 p. cent pour la pierre concassée entre 1973 et l'an 2000. Étant donné que la demande per capita du Canada pour ces matériaux est comparable, ces chiffres peuvent être utilisés à titre de comparaison. Pour des taux de croissance annuelle similaire au Canada, cela signifierait une augmentation de la production du sable et du gravier de 327 à 568 millions de tonnes entre 1980 et 2000. Pour la même période, l'augmentation de la production de la pierre concassée serait de 103 à 198 millions de tonnes (voir tableau 8). En fait, le taux de croissance annuelle du Canada a été légèrement plus élevé. L'*United States Bureau of Mines* indique que les taux de production annuelle future à l'extérieur des États-Unis pourraient atteindre 3,5 p. cent pour le sable et le gravier, et 4,2 p. cent pour la pierre concassée. Si on se fonde sur le taux de croissance des États-Unis, il faudra extraire un minimum de 2,98 milliards de tonnes de pierre concassée et 8,85 milliards de tonnes de sable et de gravier au Canada entre 1980 et 2000.

MINÉRAUX À VALEUR ÉNERGÉTIQUE

Sables pétrolifères

Sur les deux exploitations existantes de sables pétrolifères, seule Suncor a annoncé des projets d'expansion pour porter sa capacité à 15 000 barils par jour. Cependant, un troisième projet d'exploitation des sables pétrolifères (Alsands) est actuellement à l'étude à Fort McMurray, ce qui ajouterait 125 000 barils par jour après 1985, et entraînerait des perturbations sur une superficie semblable à celle de l'usine Syncrude.

Bien que les exploitations *in situ* n'exigent pas les grandes superficies nécessaires pour l'extraction et le stockage des déchets lors de l'exploitation des mines à ciel ouvert

... « *les puits seront aménagés à moins de 121 mètres de distance les uns des autres ; le déblaiement d'une surface comparable sera nécessaire. Le sol sera occupé par des puits in situ* pour environ sept ans. Le délai entre le retrait des morts-terrains et la remise en état devrait prendre environ dix ans. » (Simpson-Lewis et coll., 1979).

Dans ces circonstances, si des méthodes *in situ* devaient venir s'ajouter dans le futur aux méthodes existantes d'exploitation à ciel ouvert dans les gisements de l'Athabasca, les risques de répercussions sur la région s'aggraveraient. L'infrastructure requise pour les deux types d'exploitation des sables pétrolifères (à ciel ouvert et *in situ*), comme les routes, les lignes de transmission, et l'aménagement des agglomérations, ainsi que la pose de pipelines et de systèmes de transmission, entraîneront d'autres perturbations en surface.

Charbon

La production nationale de charbon au Canada devrait augmenter de façon importante et passer de 33,6 à 102 millions de tonnes par an entre 1979 et 2000 (tableau 20).

On prévoit que la demande annuelle en charbon canadien sera forte et qu'elle pourra atteindre 163 millions de tonnes en l'an 2000 (Bielenstein et coll., 1979). C'est en Saskatchewan, en Alberta et en Colombie-Britannique qu'il faut s'attendre aux augmentations de production les plus fortes (jusqu'à 350 p. cent) (LRZ I.2 et II.3). D'ici l'an 2000, la production de charbon thermique et métallurgique de ces trois provinces atteindra respectivement 57 et 20 millions de tonnes. On prévoit que 7 autres millions de tonnes seront converties en combustible liquide en Alberta, avant l'an 2000. À l'exception de 9,3 millions de tonnes tout le charbon sera extrait par des méthodes d'exploitation de surface ou à ciel ouvert (voir tableaux 16 et 20). Au cours de cette même période, la production de charbon dans l'Est du Canada devrait atteindre 11 millions de tonnes par an dont 9 millions seront du charbon thermique (6,1 millions de tonnes par des techniques d'exploitation de surface).

En Alberta, on a prévu l'élargissement d'un programme d'exploitation de charbon pour englober un projet de gazéification et une industrie chimique de synthèse. Selon les prévisions, la demande en charbon sous-bitumineux pour la production d'énergie thermique devrait passer de 6,6 millions de tonnes en 1945 à 87,8 millions de tonnes en 2004 (Hermans et Goettel, 1980). La Commission de conservation des ressources énergétiques prévoit aussi une augmentation annuelle de 43,8 millions de tonnes de charbon pour la gazéification d'ici 2004 ; 12,2 millions de tonnes de charbon par an, d'ici l'an 2004, sont prévues en plus pour les besoins d'un projet d'industrie pétrochimique. La demande annuelle devrait passer de 6,6 millions de tonnes en 1973 à 143 millions de tonnes en l'an 2004.

Si, comme prévu la production de charbon triple d'ici l'an 2000, le nombre et l'importance des exploitations minières de surface augmenteront considérablement, particulièrement en ce qui concerne les mines à ciel ouvert dans la région des Plaines intérieures (LRZ II.3). Les méthodes de base maintenant utilisées ne devraient pas changer de façon marquée, mais du matériel plus lourd et plus automatisé sera utilisé pour extraire et transporter les morts-terrains et le charbon.

Bien qu'on connaisse un grand nombre de gisements houillers ayant un potentiel considérable de production pour les dix prochaines années, particulièrement en Colombie-Britannique et en Alberta, certains n'ont pas encore franchi le stade de projet. Le tableau 21 énumère 14 des plus importants projets de nouvelles mines ou des principales expansions des mines existantes, qui représenteraient près de 65 p. cent de la production prévue d'ici l'an 2000. En Colombie-Britannique, la priorité est accordée aux mines de charbon dans les régions au nord-ouest du district de Peace River et au sud-est du district de Kootenay (voir la carte 9, nos 5, 1 et 3). Dans le sud-est du district de Kootenay, trois mines existantes (Kaiser, Fording et Byron Creek) ont proposé d'accroître graduellement leur production et une nouvelle mine à Line Creek a franchi le premier stade d'exploitation. Deux autres gisements, un à Elk River et l'autre à Sage Creek pourraient être exploités. Dans le nord-est du district de Peace River (voir la carte 9, no 3), la rentabilité et les possibilités

d'exploitation à long terme du massif de charbon dépendent de trois facteurs importants : la possibilité technique et économique d'exploiter divers gisements de charbon ; la négociation de contrats à long terme pour la vente du charbon ; et la construction d'une infrastructure coûteuse — particulièrement un nouveau chemin de fer (George, 1980). Cependant, les contrats à long terme passés entre le Japon et le Canada pourraient déclencher un développement considérable de ces ressources. Les premiers gisements susceptibles d'être exploités sont le Sukunka et Quintette. Cinq autres charbonnages (Bullmoose, Saxon, Montman, Carbon Creek et Bowron River) pourraient franchir le stade initial de mise en valeur si le marché à l'exportation était assez important. Même si la production a été évaluée à 6,5 millions de tonnes (voir le tableau 21) pour les concessions de Sukunka et Quintette, la production pourrait atteindre 9,7 millions de tonnes (Roberts, 1981).

Le dernier projet d'envergure est le complexe intégré d'une mine et d'une usine thermique de la BC-Hydro à Hat Creek, dans le centre sud de la Colombie-Britannique. Son avenir dépend de sa capacité à répondre ou non aux critères environnementaux et économiques.

En tonnes produites c'est dans les Plaines intérieures (LRZ II.3) de l'Alberta et de la Saskatchewan que l'on devait enregistrer la plus forte augmentation. Douze projets ont en effet été présentés jusqu'à ce jour. Une partie concerne de nouvelles mines de charbon et les autres se rapportent à l'expansion d'activités existantes. De nouvelles exploitation en Alberta comprennent quatre importantes mines à ciel ouvert, dont les mines Genessee, Sheerness et Keephills qui fourniront du charbon pour les usines thermiques, et une mine à Forestburg, pour la liquéfaction du charbon. Deux plus petites mines souterraines, la mine de Kipp près de Lethbridge, et de Judy Creek sur le versant est des collines Swan au nord-ouest d'Edmonton, sont au stade des puits de recherche. Cette dernière devrait fournir du charbon thermique à la future usine de pétrole lourd d'Esso à Cold Lake. On prévoit accroître considérablement les activités aux mines de Highvale et Vesta (voir le tableau 21) afin d'approvisionner les centrales thermiques. À l'exception de la mine de Judy Creek, toutes les mines se trouvent dans les plaines agricoles humides (voir la carte 9, nº 9). On ne signale que quelques projets imminents d'extraction du charbon bitumineux dans les montagnes et les contreforts de l'Alberta en raison des restrictions sur le zonage introduites dans la politique de l'Alberta en matière d'exploitation du charbon et de gestion des ressources du versant est (Alberta, ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, 1976 et 1977). Parmi les mines existantes en Alberta, seules les mines de Rosalyn et Whitewood devraient cesser leurs travaux au cours des années 1990 ; les autres devraient continuer leurs activités, certaines devraient même augmenter graduellement leur production, selon ce que seront les conditions du marché.

L'exploitation du charbon en Saskatchewan s'est limitée à la région d'Estevan-Bienfait jusqu'en 1979, date à laquelle la première mine à ciel ouvert de Cornach, dans le bassin houiller de Willow Bunch (voir carte 9, nº 12) a commencé à fournir du charbon à la nouvelle centrale électrique d'East Poplar. Il s'agit là de la première des deux phases d'un projet d'exploitation qui devrait produire 6,8 millions de tonnes d'ici l'an 2000. Sur les cinq mines existantes dans la région d'Estevan-Bienfait (voir carte 9, nº 13). on s'attend à ce que la production baisse dans trois mines (Utility, Boundary Dam, et Souris Valley) au cours des 20 prochaines années et qu'elle reste stable à la mine de Klimax. Seule la mine de Bienfait (Manitoba and Saskatchewan Coal Co.) devrait augmenter sa production de façon importante au cours des 10 prochaines années (voir le tableau 21).

Il est prévu que l'exploitation des gisements houillers dans l'Est du Canada sera considérablement moins importante. En Ontario (LRZ V), des projets de mise en valeur d'une mine à ciel ouvert pour extraire de la lignite destinée à la centrale électrique de la Baie James (voir la carte 9, nº 14) sont toujours à l'étude. La hausse de la production dans les gisements houillers de la région des Appalaches (LRZ VII) ne devrait pas dépasser 2 millions de tonnes au cours des vingt prochaines années. Il n'y a qu'à la New Brunswick Coal Ltd. de Minto/Chipman (voir la carte 9, nº 17) que l'on prévoit doubler la production actuelle. La production dans les sept autres mines devrait rester stable ou être légèrement plus basse. Seule la mine Thorburn à Stellarton devrait fermer après 1990. À ce jour, les projets de nouvelles mines ont été limités aux gisements houillers sur l'Île du Cap-Breton. Un de ces projets a trait à une mine souterraine à Donkin, par Devco, et à trois petites mines à ciel ouvert dans la région de Sydney, par Novaco.

La production de charbon dans le Yukon (LRZ I.1) est limitée à la mine de Tantalus Butte qui fournit 7700 tonnes de charbon thermique à la mine Cypress Anvill, pour sécher le concentré de zinc. Les gisements connus de charbon dans les territoires du Yukon et du Nord-Ouest n'ont pas été entièrement explorés ni évalués du point de vue économique.

Aussi, les données sur les ressources contenues dans les houillères connues du Yukon et des Territoires du Nord-Ouest n'ont-elles pas été incluses dans les chiffres présentés (voir le tableau 16). Un seul gisement houiller (Bonnet Plume) pourrait être mis en valeur avant 1990, sous réserve que les prix, l'accessibilité, l'infrastructure et les conditions d'investissements soient favorables.

On a assisté à un important renouveau d'intérêt pour l'utilisation du charbon thermique et métallurgique sur les marchés étrangers et nationaux. Le retour au charbon comme autre source énergétique a eu un effet plus immédiat sur le secteur du charbon thermique. Par exemple, en 1979, les premières expéditions interprovinciales importantes (2 millions de tonnes) de charbon ont commencé entre les mines de la Colombie-Britannique et de l'Alberta, à destination de la centrale électrique thermique de Nanticoke, de l'Ontario-Hydro, sur le lac Érié (Aylworth, 1980).

Uranium

De nouveaux projets d'exploitation minière pour les cinq prochaines années ont été élaborés dans les provinces de Terre-Neuve, de l'Ontario, de la Saskatchewan et de la Colombie-Britannique. Dans l'est du Labrador, à Makkovick près de la côte (LRZ IV.2), la British Newfoundland Exploration Ltd. a soumis une proposition d'exploitation des gisements de Kitts et Michelin, effectuée d'abord à ciel ouvert, dès 1982. En Ontario (LRZ IV.1), Rare Earth Ressources Ltd. et Esso Minerals se proposent d'exploiter trois nouveaux gisements dans la région de Bancroft, à partir de 1980. Le minerai sera traité sur demande à Madawaska Mines Ltd. Il est prévu d'agrandir les mines de la Denison Mines, de la Rio Algom et de sa filiale la Preston Mines Ltd. dans la région du lac Elliot au cours des années 1982-1983. En Saskatchewan (LRZ IV.2), la mine Amok à Cluff Lake a commencé à produire en 1980 et des

Tableau 20
Production de charbon envisagée entre 1980 et 2000
(par province et par type, en tonnes x 10^6)

Province	Secteur d'utilisation	1980	1990	2000
Colombie-Britannique	Métallurgique	9,6	11,6	14,6
	Thermique	0,8	1,0	13,7
	Total	10,4	12,6	28,3
Alberta	Métallurgique	3,0	3,7	5,3
	Thermique	11,2	22,9	34,6
	Liquéfaction	—	1,0	7,0
	Total	14,2	27,6	46,9
Saskatchewan	Thermique	6,5	9,2	16,0
Ontario	Thermique	—	2,0	4,7
Nouveau-Brunswick	Thermique	0,5	1,3	1,3
Nouvelle-Écosse	Métallurgique	1,5	2,0	2,2
	Thermique	1,4	2,54	2,9
	Total	2,9	4,5	5,1
Yukon	Thermique	0,01	0,01	0,01
CANADA		34,5	57,2	102,3

Sources : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Canada, 1978 ; Draper et Dwyer, 1979 ; Labuda et coll., 1979 ; Aylsworth, 1980 ; Alberta Environment, 1980

Tableau 21

Nouvelles mines de charbon, mines en voie d'expansion et mines envisagées

	Numéro de la région houillère (carte 4)	Type de charbon	Type de mine	Production estimée (en tonnes x 10^6)			Utilisation finale
				1980	1990	2000	
Colombie-Britannique							
B.C. Hydro — Hat Creek	2	sous-bit	c.o.	0	0	10,7	Hydro-thermique
B.P. Canada Ltd., — Sunkunka	3	bit	souterraine	0	1,0	2,0	Exportation
Denison Mines Ltd., — Quintette	3	bit	souterraine	0	1,0	2,0	Exportation
Alberta							
Sheerness Mines, Sheerness	9	sous-bit	surface	0	2,5	6,5	Hydro-thermique
Genessee Mine, Genessee	9	sous-bit	surface	0	2,5	6,5	Hydro-thermique
Keephills Mine, Wabamun	9	sous-bit	surface	—	2,5	6,5	Hydro-thermique
Forestburg Coal Liquifaction	9	sous-bit	surface	0	1,0	7,0	Hydro-thermique
Highvale Mine, Seba Beach (E)	9	sous-bit	surface	5,8	8,0	18,3	Hydro-thermique
Vesta Mine, Halkirk (E)	9	sous-bit	surface	0,8	1,3	1,4	Hydro-thermique
Saskatchewan							
S.P.C. Cornach Mine (2e phase) (E)	13	lig	surface	0	0	3,4	Hydro-thermique
Mananalta, Bienfait Mine (E)	13	lig	surface	0	0	3,4	Hydro-thermique
	13	lig	surface	0,5	2,3	5,1	Hydro-thermique et exportation
Ontario							
Onakawana Devl. Corp. Mine de la Baie James	14	lig	surface	0	2,0	4,7	Hydro-thermique
Nouvelle-Écosse							
Devco — Donkin Mine	17	bit	souterraine	0	0,3	0,4	Hydro-thermique
Novaco — Région de Sydney	17	bit	surface	0,07	0,08	0,08	Hydro-thermique

(E) — expansion

Source : Blakeman, 1980

propositions pour commencer à exploiter les gisements de Key Lake dès 1983 ont été présentées. Une proposition similaire a été faite pour mettre en valeur les gisements du Midwest Lake qui se trouve à 24 km à l'ouest de la mine existante de Rabbit Lake. Les projets des mines Kitts-Michelin, Key Lake, et Midwest Lake sont tous actuellement soumis à un processus d'approbation dans le cadre d'une enquête publique et de l'évaluation de l'environnement. De même, en Colombie-Britannique, le projet de mise en valeur de deux gisements d'uranium (Blizzard et Birch Island dans le centre-sud de la Colombie-Britannique) a été retardé par une enquête provinciale (Bates Commission) sur l'exploration des gisements d'uranium et leur exploitation, entreprise en 1979. Cette mesure a été suivie par l'annonce d'un moratoire imposé par le gouvernement de la Colombie-Britannique au début de 1980, sur toute nouvelle proposition d'exploration et d'exploitation des mines d'uranium dans la province.

Le Groupe d'évaluation des ressources en uranium (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressource, 1979*c*) estime que les ressources connues exploitables, compte tenu des projets susmentionnés et en supposant que l'infrastructure, le financement et les marchés soient satisfaisants, permettront de porter la production de 6900 tonnes en 1979 à 13 500 tonnes en 1984 et à 15 500 tonnes en 1990. Il signale cependant que ce niveau de production ne pourrait pas être maintenu longtemps sans de nouvelles découvertes.

Dans les régions du Canada où toutes les conditions sont réunies pour que l'on trouve de l'uranium (voir la carte 10), l'exploration s'est considérablement intensifiée depuis 1973 lorsque le prix du kilo est passé de moins de 20 $ à plus de 125 $ en 1978 (en dollars en cours). On s'active à trouver de l'uranium dans toutes les provinces et les territoires à l'exception de l'Île-du-Prince-Édouard. Les plus gros investissements ont été réalisés en Saskatchewan, où ils représentent 48 p. cent du total, contre 19 p. cent pour les Territoires du Nord-Ouest ; le Québec et la Colombie-Britannique se classent respectivement troisième et quatrième avec environ 8 p. cent des investissements totaux. Les projets de mise en valeur mentionnés en début de section sont les premiers résultats obtenus. Les recherches conduites en 1978-1979 ont abouti à la découverte de nouveaux gisements dans le nord de la Saskatchewan, dans la région de Rabbit Lake (gisements de McLean Lake et April Bay) et dans la région de Shultz Lake, ouest — nord-ouest de Baker Lake (Territoires du Nord-Ouest), pour ne citer que les plus importants. Tout laisse croire qu'on trouvera l'uranium à proximité de Tombstone Mountain dans le Yukon, dans la région du Lac George (Nouveau-Brunswick) et au lac Gayot, au nord de la Grande-Rivière dans la région de la Baie James, au nord-ouest du Québec (Williams, 1980). Dans l'avenir, les travaux d'exploration se concentreront probablement sur ces régions ; cependant, l'exploitation des mines au cours des cinq prochaines années se poursuivra probablement en Saskatchewan et en Ontario où il existe une infrastructure.

Les prévisions de la demande nationale en uranium ont été établies par le Groupe d'évaluation des ressources en uranium en 1978 de la façon suivante :

« *Sur le total des « réserves rectifiées » récupérables, établi pour l'ensemble des producteurs d'uranium canadiens vendant de l'uranium, environ 23,5 p. cent seront requis pour satisfaire la demande de 69 000 tonnes d'uranium, sur 30 ans, qui serviront à alimenter les réacteurs nucléaires qui devraient être en service au Canada d'ici 1989, d'une capacité totale de 15 935 mégawatts. De plus, afin de respecter les politiques fédérales, les services publics canadiens doivent maintenir un approvisionnement de 31 500 tonnes, sur 15 ans, pour alimenter les réacteurs nucléaires en service ou prévus d'ici 1989 d'une puissance de 14 455 mégawatts.* » (Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1979c).[12]

Selon les mêmes prévisions, les producteurs canadiens et les éventuels producteurs disposeront encore de plus de la moitié de leur réserve rectifiée récupérable pour répondre aux demandes futures de l'étranger ou du pays.

ZONES DE RESSOURCES FONCIÈRES ET EXPLOITATION MINIÈRE

Une comparaison a été établie entre d'une part le nombre des sociétés exploitantes actuelles, les gisements connus inexploités et les projets d'exploitation de nouvelles mines (nouvelles, agrandies, réouvertes, et proposées), et d'autre part les principales autres utilisations du sol dans chaque zone de ressources foncières (tableau 22). Les

[12] La part nationale pour chaque producteur a été déterminée à partir de leurs ressources mesurées, indiquées et prévues, exploitables avec un prix de l'uranium allant jusqu'à un maximum de 175 $/kg, et des facteurs de pondération de 1,0 ; 0,8 et 0,7 respectivement (les facteurs pour les deux dernières catégories ont été choisis de façon à refléter un moindre degré de fiabilité que celui de la catégorie mesurée). Les facteurs individuels de récupération à l'usine ont été ensuite appliqués aux tonnages pondérés pour chaque catégorie ; la somme des tonnages pondérés dans les trois catégories modifiées de cette façon est appelée « réserve rectifiée » récupérable, pour les besoins de la méthode de la part nationale.

chiffres confirment qu'il n'y a pas eu de changement majeur dans la distribution générale des mines de *minéraux métallifères* parmi les diverses zones de ressources foncières. Comme prévu, la plus forte concentration de ces mines actuellement en exploitation se trouve dans la zone sud du Bouclier boréal (49 p. cent), suivie par le centre du Bouclier subarctique (19 p. cent) et la zone sud de la Cordillère (19 p. cent). Fait important, plus de 85 p. cent des mines de minerais métallifères sont situées dans les terres forestières les plus productives du Canada (carte 12).

Le nombre des nouveaux gisements de minerai métallifère découverts dans chaque zone de ressources foncières, exprimé sous forme de pourcentage par rapport à tous les nouveaux gisements découverts au Canada, est resté relativement constant à l'exception d'une légère augmentation des activités dans les Appalaches et le sud du Bouclier boréal. Cependant, il y a eu une augmentation importante du nombre des travaux d'exploration et de mise en valeur au cours des deux dernières années. Des variations dans chaque zone sont évidentes étant donné la grande superficie de certaines zones et le minerai recherché.

Certains signes laissent entrevoir un changement dans la distribution, à l'avenir, des gisements de minerais métallifères, les fortes concentrations situées dans les régions éloignées du pays remplaçant celles de l'Ontario et du Québec. Près d'un quart de l'exploitation des mines de minerais métallifères (nouvelles, agrandies et réouvertes) se trouvent dans la zone sud de la Cordillère, la majorité englobant la production du cuivre (souvent associée avec la production de molybdène, d'or et d'argent en tant que sous-produits). Un pourcentage élevé des travaux sera à ciel ouvert, ce qui accroît les préoccupations suscitées par une grande variété d'activités liées à l'utilisation du sol dans les zones vulnérables sur le plan écologique. De plus, il y a eu une plus grande diversification dans l'exploitation des métaux dans la zone des Appalaches, plus particulièrement avec la reprise de l'exploitation des minerais métallifères en Nouvelle-Écosse.

Un autre aspect du changement graduel dans la mise en valeur des mines de minéraux métallifères est le mouvement vers le Nord. Pour la première fois, des mines sont exploitées dans les régions glacées de l'Archipel arctique et le Bouclier arctique, et plusieurs autres mines sont prévues pour les années 1980. Dans le nord de la Cordillère occupée principalement par le Yukon, on prévoit également une augmentation considérable du nombre de mines au cours des dix prochaines années, leur nombre total devant doubler ou tripler. Parallèlement à ce phénomène, on constate une augmentation considérable de l'exploitation de l'or dans les placers, et elle fait l'objet d'énormes pressions pour qu'elle soit étendue au-delà de son champ d'activité traditionnel. Dans l'ensemble, l'extrême fragilité de l'environnement et la lenteur avec laquelle il se restaure, combinées aux problèmes que posent la faune, la conservation de la flore, les droits et revendications des autochtones, la pêche, la chasse et le piégeage peuvent ralentir l'exploitation future des mines. Malgré l'absence d'objectifs précis pour l'exploitation de nouvelles mines, le sud du Bouclier boréal demeure le plus important centre d'activités d'exploitation des mines de minéraux métallifères.

Il est peu probable que d'importants changements surviennent dans la distribution future du secteur des minéraux *non métallifères* de l'industrie minière. Plus de 80 p. cent des secteurs des mines et des engrais se trouvent dans les zones sud des Plaines intérieures, les basses terres du Saint-Laurent et les Appalaches. Ces deux secteurs se caractérisent par une forte concentration géographique selon la matière première produite. Étant donné l'accent mis sur l'expansion de la capacité dans les installations existantes, il est peu probable qu'il y ait une augmentation importante de la demande pour d'autres ressources foncières au cours des cinq prochaines années.

Seule l'expansion du secteur des *matériaux de construction* se poursuivra et perturbera des superficies considérables dans les zones de ressources foncières, particulièrement celles au Sud qui sont habitées (LZR I.2, II.3 VI.1, VI.2 et XII), ce qui contribuera à renforcer les pressions sur l'utilisation du sol et à créer des problèmes dans ces zones à forte utilisation.

Parmi tous les secteurs de l'industrie minière, le secteur énergétique est celui qui présente le plus de risque de perturber directement les sols et d'avoir des répercussions importantes sur un grand nombre de nouvelles régions dans le sud des Plaines intérieures de la Cordillère et dans une moindre mesure sur les Appalaches. Près d'un tiers de toutes les nouvelles mines identifiées pour la période de 1979 à 1985 relèvent de ce secteur. Les nouvelles mines d'uranium que l'on prévoit exploiter sont situées dans le nord de la Saskatchewan, dans le Bouclier subarctique, et elles constituent la base d'une nouvelle région d'exploitation minière d'envergure. Une grande partie de l'exploitation future des mines d'uranium continuera à se limiter au nord de la Saskatchewan et au centre de l'Ontario, un moratoire ayant été imposé

Tableau 22

Comparaison des activités d'exploitation minière actuelle et future avec d'autres utilisations du sol : par zones de ressources foncières

ZONE DE RESSOURCES FONCIÈRE	AUTRES UTILISATIONS DU SOL													MÉTALLIFÈRES[a]							NON MÉTALLIFÈRES[b]					ÉNERGIE[c]				
																	1979-1985					1979-1985					1979-1985			
	Cultures de plein champ et pacages	Pâturages maigres et pacages	Horticulture	Agriculture Polyculture et fourrage	Foresterie	Pêcheries	Établissement urbain	Énergie — pétrole et gaz	Conservation de la faune et de la flore	Chasse et piégeage	Tourisme — nature	Loisirs de plein air	Autochtones (droits revendications)	Gisements non productifs : 1975	Gisements non productifs : 1980	Sociétés exploitantes : 1979	Nouvelle mine	Mine existante agrandie	Mine réouverte	Nouvelle mine probable	Sociétés exploitantes : 1979	Nouvelle mine	Mine existante agrandie	Mine réouverte	Nouvelle mine probable	Sociétés exploitantes : 1979	Nouvelle mine	Mine existante agrandie	Mine réouverte	Nouvelle mine probable
I 1 Cordillère du Nord						X			XX	XX	X		XX	46	107	4	2	2	1	7	2		1			1				
I 2 Cordillère du Sud		XX	XX	X	XX	XX	X		XX	X	XX	XX	XX	72	207	19	9	5	3	3	4					7	1	2		3
II 1 Plaines intérieures septentrionales						X		XX	X	XX			XX	1	2	1				1										
II 2 Plaines intérieures centrales (Peace, Athabasca)	XX			X	X	X		XX	X	X	X	XX	X													1	1	2		
II 3 Plaines intérieures méridionales (Prairies)	XX	XX					X	XX													23		6			10	1	6		4
III Archipel arctique									XX				XX	2	4	1	1													
IV 1 Bouclier boréal du Sud				X	XX	XX			X	XX	XX	XX	X	197	625	51	7	5	10	6	12		1							
IV 2 Bouclier subarctique du Centre					X	XX			XX	XX			XX	81	184	20	6	7												
IV 3 Bouclier arctique									XX	XX			XX	20	31	0	2			2										
V Basses-terres de la baie d'Hudson									X																					
VI 1 Grands lacs inférieurs			XX	XX			XX				XX	XX									6									
VI 2 Basses-terres centrales du St-Laurent			XX	XX			XX				XX	XX		12	22						3					1				
VII Appalaches			X	XX	XX	XX	X		X	X	XX	XX		52	163	7	3	1			20	2	6			8				

(a) Le total comprend les mines d'uranium analysées plus en détail dans la section sur l'énergie. Il comprend deux nouvelles mines dans LRZ I.2 ; une nouvelle mine et deux mines réouvertes dans LRZ IV 1 (Ontario) ; cinq nouvelles mines et une mine agrandie dans LRZ IV 2, situées en Saskatchewan à l'exception d'une au Labrador.

(b) Comprend le sel, la potasse, le gypse, le sulfate de sodium, la barytine, la syénite néphélinique. Ne comprend pas les matériaux de construction.

(c) Comprend le charbon et les sables pétrolifères, ces derniers étant indiqués par un '.

X — Important XX — majeur

Vue aérienne de la mine de charbon McIntyre, à Grande Cache (Alta)
Photographie : George Hunter, fournie par : photothèque de l'ONF

sur la mise en valeur des mines d'uranium dans d'autres régions prometteuses (Colombie-Britannique, Terre-Neuve/Labrador, et Territoires du Nord-Ouest).

Si la demande en charbon triple, comme prévu, d'ici l'an 2000, les plus fortes répercussions se feront sentir dans le sud de la Cordillère et le sud des Plaines intérieures (où l'exploitation minière à ciel ouvert par gradins et en découverte prédomine). Une importante région de charbonnages est mise en valeur dans le bloc houiller nord-est de la Colombie-Britannique qui nécessitera la création d'une infrastructure considérable. Quant à la superficie dégradée, le plus fort accroissement se produira dans les plaines agricoles humides de l'Alberta. Dans les plaines de la Saskatchewan, une mine située dans le gisement houiller de Willowbunch est actuellement en exploitation et on s'attend à ce que les activités dans le gisement houiller de Estevan-Bienfait baissent graduellement et cessent d'ici l'an 2000. Dans les Appalaches, l'exploitation de la houille continuera à être limitée aux gisements existants. Les principaux problèmes liés aux répercussions de la mise en valeur concerneront la foresterie, la faune, les loisirs, le tourisme, et les pêches dans la Cordillère, ainsi que l'agriculture et les réserves en eaux souterraines dans les Plaines intérieures. Les problèmes dans la zone des Appalaches seront associés aux perturbations de surface et au drainage des substances acides qui ont des répercussions sur les industries de la pêche, du tourisme et des loisirs.

PERSPECTIVES D'AVENIR ET CONTRAINTES

Des facteurs d'ordre général risquent de limiter l'exploitation future des mines. Les gisements de minerais « exploitables », recensés précédemment dans ce rapport, ne sont pas tous à l'abri des diverses contraintes imposées par les conditions économiques mondiales et nationales, des facteurs géographiques et d'infrastructure, des limites imposées par la technologie et des conditions de réglementation. Aussi est-il nécessaire de comprendre le rôle que ces contraintes peuvent jouer dans le développement et la viabilité de l'industrie minière. Ce qu'il faut souligner dans cette analyse, c'est l'importance économique actuelle de l'exploitation minière dans l'économie canadienne et ce que seront les perspectives de l'industrie dans les dix prochaines années.

IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

En 1980, la valeur de la production minérale a atteint le chiffre record de 32,7 milliards de dollars, dont 56

p. cent étaient attribuables au pétrole et au gaz naturel. L'importance relative des combustibles fossiles dans la croissance de l'industrie minière et l'économie nationale a changé de façon radicale dans les années 1970. Durant cette décennie, la valeur de la production du charbon est passée de 1,6 milliards de dollars à 17,5 milliards de dollars. Cette augmentation a fortement modifié le rôle de premier plan que les secteurs des minéraux métallifères et non métallifères ont tenu par le passé.

La relation entre l'industrie minière et l'économie canadienne figure au tableau 23. L'exploitation minière et le traitement des minéraux en 1978 (à l'exclusion du pétrole et du gaz), représentaient 4,4 p. cent du PNB et employaient directement environ 2,4 p. cent de la population active (et environ 9 p. cent indirectement). Cependant, de 1974 à 1978, il y a eu une baisse générale dans la contribution au PNB, des dépenses en capital et de la valeur des exportations et importations. Seuls les salaires et traitements ont augmenté. La balance générale du commerce des mines entre le Canada et le reste du monde continue à pencher en faveur du Canada. En 1978, les exportations de marchandises pour l'exploitation minière et les minéraux traités représentaient un maximum de 17,8 milliards de dollars tandis que les importations n'atteignaient que 6 milliards de dollars. L'industrie minière demeure, après l'industrie des produits forestiers, la meilleure source de devises étrangères. De plus, elle continue d'être le principal facteur du développement économique des régions les plus septentrionales et la principale source d'emploi pour un grand nombre d'habitants du nord du Canada. Sur le plan international, le Canada est en tête pour les exportations de minerais (non combustibles) et il est le troisième plus gros producteur de minerais et de métaux dans le monde après les États-Unis et l'Union des Républiques Socialistes Soviétiques. Les principales exportations de minerais canadiens et leur pourcentage sur les marchés mondiaux sont indiqués au tableau 24. Au Canada même, l'exploitation des mines crée de nouveaux emplois, contribue à l'aménagement de nouveaux réseaux de transport et ouvre des marchés pour les biens et services produits au Canada.

PERSPECTIVES ÉCONOMIQUES

Entre 1980 et 1990, selon les prévisions du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada (Jeffrey, 1980 et ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1979*e*), la production réelle de l'industrie minière des minéraux non combustibles augmentera à un rythme annuel moyen de 2,5 p. cent, par rapport à une croissance réelle prévue pour l'économie canadienne de 3,8 p. cent par année (tableau 25). On prévoit que la production devrait

Tableau 23
Relations approximatives entre l'industrie minière et l'économie canadienne * (en pourcentage)

	Exploitation minière		Traitement des minerais		Total	
	1974	1978	1974	1978	1974	1978
PNB	2,7	1,9	2,9	2,5	5,6	4,4
Main-d'œuvre	0,9	0,8	1,8	1,6	2,7	2,4
Traitement et salaires	1,2	1,3	2,3	2,3	3,5	3,6
Dépenses en capital	3,4	3,1	3,7	3,3	7,1	5,3
Marchandises : exportations	10,1	7,2	10,1	10,6	20,2	17,8
Marchandises : importations	1,6	0,8	9,2	5,2	10,8	6,0

* Ne comprend pas le secteur du pétrole et du gaz

Source : Tibbo, 1981

atteindre en 1990 une valeur de près de 32 milliards de dollars par rapport à 14 milliards de dollars en 1980. Cependant, cela représente une baisse dans la part du PNB de 4,8 p. cent en 1980 à 4,3 p. cent en 1990. Quant à l'exportation, la croissance dans le secteur des non combustibles devrait être de 2,8 p. cent par année en production réelle, mais elle sera de façon générale inférieure à la demande mondiale prévue en minéraux. Les exportations canadiennes devraient connaître un taux d'augmentation annuelle de 10,4 p. cent, mais les exportations de minerais seront légèrement inférieures, à 9,4 p. cent, ce qui sous-entend une baisse générale du marché. La main-d'œuvre devrait augmenter à un taux annuel de 1,1 p. cent, mais les gains nets ne reflèteront pas le nombre des nouveaux emplois créés. Ceci est dû en grande partie au nombre élevé de fermetures de mines auquel il faut s'attendre au cours de la même période. Selon les prévisions, de 1979 jusqu'en 1990, le total des investissements en capital devrait atteindre 42 milliards en dollars constants. La moitié de cette somme sera nécessaire pour mettre en valeur de nouvelles mines et des fonderies (ou des projets d'expansion) et le reste servira à réparer ou à remplacer le matériel usé. Cependant, étant donné que les taux d'inflation varient entre 5 et 10 p. cent par année, ce chiffre est susceptible de doubler ou de tripler. Lorsqu'on tient compte de la demande de dépenses en capital pour le pétrole, le gaz, le charbon et l'uranium, le chiffre global en dollars de 1979 devrait atteindre 150 milliards de dollars. La plupart des nouveaux projets dans le domaine de l'énergie continueront d'être très importants, d'où la nécessité de disposer de beaucoup de capitaux. Les tentatives d'autarcie énergétique au Canada peuvent créer une compression du capital pour le secteur des mines. Cependant, le Canada dispose déjà d'un stock important et sans cesse croissant de gisements de ressources énergétiques et minières (charbon, uranium, sables pétrolifères) qui permettra l'ouverture de nouvelles mines importantes et l'accroissement de la production si le marché est favorable (carte 18). Il est peu probable que, dans le domaine des ressources, un essor semblable à celui des années 1950 et 1960 se reproduise (voir le tableau 25). Cependant, des estimations récentes sur les dépenses en capital pour les nouveaux développements ont atteint plus de 8,6 milliards de dollars pour 1980, ce qui indique que l'industrie minière est une fois encore dans une phase cyclique ascendante (Pabst, 1980 ; Roberts, 1981). Certains minerais et produits à valeur énergétique continueront sur leur lancée (or, argent, cuivre, plomb, zinc, cobalt, molybdène, charbon, potasse), mais bien d'autres seront victimes du ralentissement de la croissance et subiront même une baisse à court terme (fer, amiante, uranium, et dans une moindre mesure, le nickel).

Tableau 24
Rang occupé par le Canada à titre de producteur (1977)

Minerai	Rang mondial	Pourcentage du total mondial
Nickel	1	29,9
Zinc	1	19,7
Amiante	2	26,6
Potasse	2	22,7
Uranium	2	19,8
Molybdène	2	17,4
Soufre élémentaire	2	16,7
Gypse	2	11,0
Titane	3	17,4
Argent	3	13,0
Groupe de platine	3	7,3
Or	3	4,4
Cuivre	4	9,5
Plomb	4	8,9
Aluminium	4	6,8
Fer	5	6,5
Cadmium	6	6,7

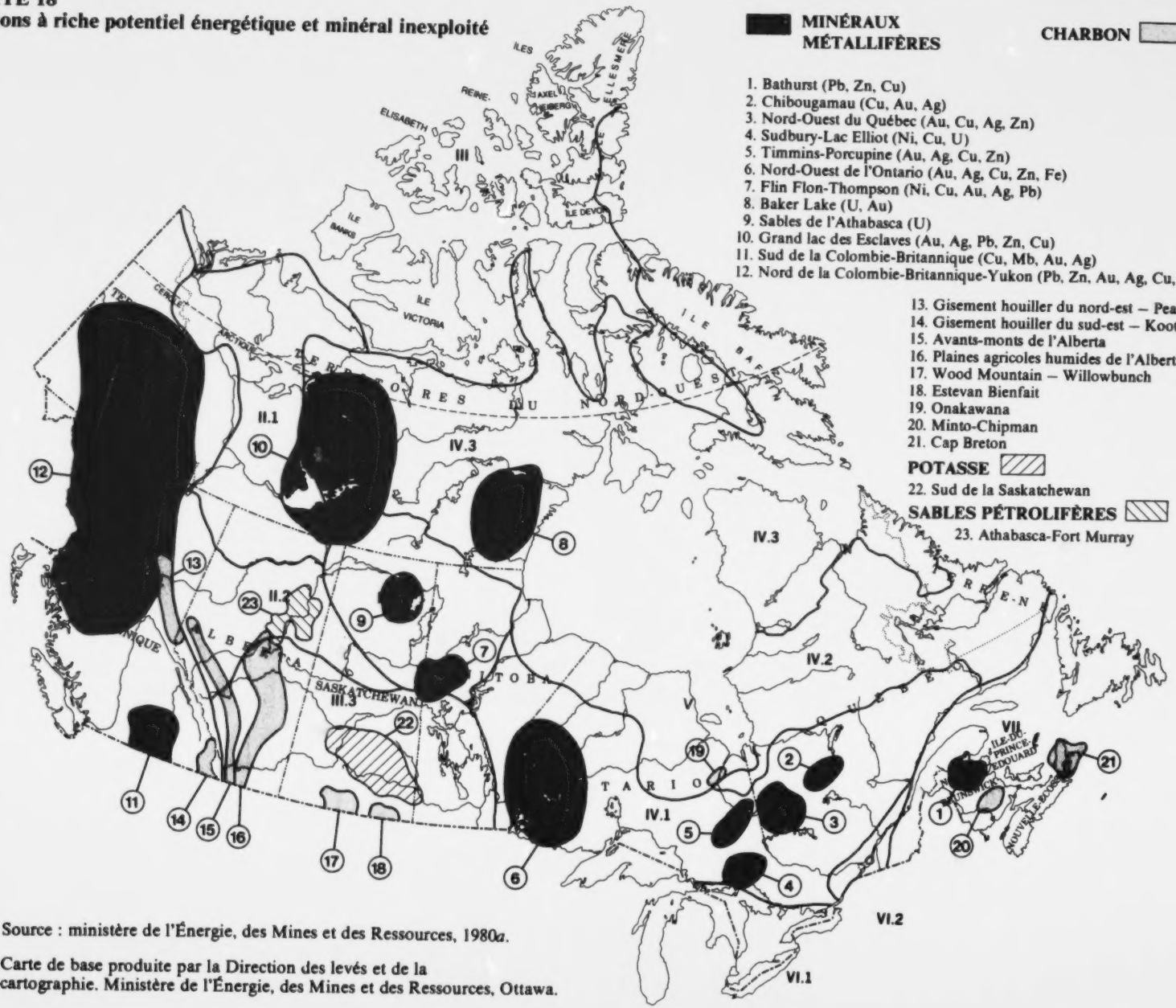
Source : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1980d

CONTRAINTES POSSIBLES

Marché mondial

Il n'est pas surprenant que la croissance de l'industrie minière dépende des exportations et des marchés internationaux. Pour ce qui est des marchés d'outre-mer du Canada en 1979, près de 60 p. cent de toutes les exportations minières sont expédiés aux États-Unis, 18 p. cent vers la Communauté économique européenne et à peine 10 p. cent au Japon. Ces chiffres révèlent que la prospérité future de l'industrie minière du Canada dépendra de la stratégie de lutte économique qu'adopteront les pays

CARTE 18
Régions à riche potentiel énergétique et minéral inexploité



Source : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1980*a*.

Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

occidentaux (pays de l'OCDE) contre l'impact de la hausse des coûts de l'énergie. De façon générale, le taux d'utilisation des métaux accusera une baisse au cours des cinq prochaines années. En plus des coûts prohibitifs de l'énergie, la demande mondiale pour les produits minéraux sera ralentie par le chômage et l'inflation, la baisse de croissance dans les pays occidentaux, les répercussions d'une économie faible aux États-Unis et les déficits généraux de la balance des paiements (Chambers, 1980). Mais le point le plus important pour le Canada est le rôle prédominant que joue le marché américain. Le pourcentage de nos exportations de minéraux vers les États-Unis est susceptible d'augmenter au fur et à mesure que les ressources minérales des États-Unis s'épuiseront et qu'il y aura pénurie de réserves minérales au large des côtes américaines (Jeffrey, 1980). Un grand nombre de minéraux commercialisés internationalement, que l'on peut qualifier de « stratégiques ou d'un intérêt crucial » pour les économies industrielles occidentales étant donné l'instabilité mondiale politique et économique, prennent une importance de plus en plus grande. Leur liste varie d'un pays à l'autre. En général, elle comprend le cobalt, le chrome, le vanadium, l'argent, le titane, le platine, le manganèse, le phosphate, le diamant, l'étain, le mercure et le nickel. Le Canada demeure encore un des rares pays au monde où les exportations de minéraux sont aussi diversifiées et qui soit capable de s'adapter à un grand nombre de pénuries possibles. L'industrie minière canadienne ne peut, cependant, s'en tenir là si elle veut conserver sa première place comme exportateur mondial. Sa part du marché mondial peut être amoindrie par une augmentation de la concurrence internationale due à de nouvelles ressources minérales dans les pays d'outre-mer. Cette portion du marché peut être entamée aussi par l'accroissement d'accords commerciaux multilatéraux entre les principales nations consommatrices occidentales et les pays moins développés, détenteurs des nouvelles ressources. Il se peut que les pays moins développés demandent que soient créés davantage de marchés protégés pour la production de minerais. Outre cette tendance, mentionnons la possibilité d'une concurrence accrue sur le marché, de la part des producteurs nationalisés ou contrôlés par le gouvernement. Cela coïncide avec une tendance croissante dans tous les pays vers une plus grande intervention gouvernementale sur le marché, particulièrement en ce qui concerne la mise en valeur des ressources et ce, malgré l'appui considérable donné au libre échange. L'incertitude quant à l'exploitation des ressources sous-marines, étant donné l'absence d'un règlement concernant le « Droit de la mer », posera éventuellement un problème à long terme. Cette situation pourrait avoir de graves répercussions sur la mise en valeur des minéraux au Canada, étant donné les quantités élevées de nickel, de cuivre, de fer, de cobalt et de manganèse dans les nodules sous-marins. Il est cependant peu probable que cela ait un effet sur les structures futures du marché d'ici les années 1990, tant sur le plan juridique que sur le plan technologique.

Tableau 25
Taux de croissance de la production minière de 1961 à 1985 (en %)

Période	Exploitation minière	Métaux primaires	Produits minéraux non métallifères	Industrie minière
1961-1965	4,7	9,3	11,0	7,1
1961-1970	5,0	6,1	4,3	5,3
1961-1975	3,2	4,5	5,2	4,1
1961-1978	2,4	4,5	5,2	3,7
1961-1985	3,0	4,0	4,4	3,6
1979-1985	2,2	2,6	3,0	2,5

Source : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1979e

Énergie

Même si le potentiel énergétique diversifié du Canada joue un rôle important en maintenant son pourcentage sur les marchés minéraux mondiaux, des changements technologiques seront nécessaires. La plupart des technologies pour l'exploitation minière et le traitement nécessitent un apport considérable d'énergie et en exigeront de plus en plus. L'énergie utilisée par l'exploitation minière proviendra de plus en plus de ressources non renouvelables — charbon, gaz — et des centrales électriques nucléaires. Ainsi, l'accès à ces ressources énergétiques de remplacement, et leur disponibilité, joueront un rôle important dans l'exploitation future des mines — particulièrement dans les régions septentrionales. Une grande partie de cette forte demande est liée au fait que les minerais de plus faible teneur nécessitent généralement plus d'énergie pour leur extraction, leur traitement et leur affinage, à une époque où il est prévu que les coûts énergétiques augmenteront de façon très importante dans les cinq prochaines années. À l'avenir, l'utilisation de minerais à plus faible teneur augmentera. Les techniques de désintégration, de concentration et de transport des roches devront être améliorées si les minerais à faible teneur doivent être considérés comme des réserves rentables.

Le mouvement qui consiste à économiser l'énergie dans le monde entier a aussi eu des répercussions indirectes sur l'industrie minière. La consommation de certains métaux a baissé par suite de l'évolution technologique. Par exemple, la réduction du poids des véhicules, grâce à l'utilisation de produits de remplacement comme le plastique, la fibre de verre et l'aluminium, a réduit la demande en fer et en acier. Cela a aussi entraîné un renversement dans le marché du charbon à travers le monde. Dans ce secteur, il est possible que le Canada connaisse une croissance beaucoup plus élevée que dans la plupart des autres secteurs de l'industrie minière. Cependant, des retards dans les améliorations technologiques liées à la liquéfaction, à la combustion sur lit fluidisé et à certaines mesures de protection de l'environnement peuvent encore limiter la croissance dans l'ouest du Canada.

Exploration

La découverte de nouveaux gisements de minerai nécessite des connaissances techniques de plus en plus spécialisées, sans oublier un apport important de capitaux pour pouvoir mettre les projets en œuvre. Étant donné la nature hautement technique des travaux d'exploration, qui nécessitent l'emploi de matériel précis et coûteux, il arrive que souvent, pour des programmes à court terme, une grande partie des travaux soient effectués par diverses sociétés d'experts-conseils et de services ou par des prospecteurs locaux spécialisés dans un domaine particulier. L'exploration devrait connaître au cours des dix prochaines années les tendances principales suivantes :
(Laughlin, 1980) :

- Une emprise accrue de la part de sociétés ou de consortiums mieux financés.
- Une plus grande participation du gouvernement à titre d'initiateur ou « d'associé » dans les travaux d'exploration.
- Les sociétés d'explorations canadiennes deviendront plus actives dans les pays étrangers, et elles pourront changer leurs activités d'une province canadienne à une autre en réponse aux changements de situations politiques.
- Un plus grand effort sera déployé pour obtenir des données géologiques de base (techniques de forage et géophysiques), particulièrement en ce qui concerne les gisements de minerais profondément enfouis impossibles à déceler jusqu'ici ; les méthodes de détection aérienne perdront de leur importance, sauf dans les régions relativement éloignées et inexplorées.

Ces tendances sont susceptibles d'être influencées par des facteurs internes comme les découvertes technologiques qui permettraient de détecter des gisements de minerais profondément enfouis, ou des techniques améliorées en métallurgie et en exploitation minière qui permettraient l'exploitation de minerais à faible teneur. Sur le plan de la structure de l'industrie, il se constituera de plus en plus de grandes sociétés à intégration verticale qui contrôleront les matières brutes à la source et les étapes successives de l'extraction et du traitement (Laughlin, 1980).

Infrastructure

Le transport des minerais et des produits minéraux affinés, souvent sur de longues distances, est un facteur clé de la viabilité économique de l'industrie minière. De même, il est indispensable que les autres industries au Canada bénéficient d'un réseau de transport de faible coût, qui desservirait les centres urbains industriels et l'arrière-pays. La coordination et la planification, à la fois par le

gouvernement et les industries minières sont, à cet égard, un facteur crucial du maintien d'une industrie minière et d'une économie canadienne saines. D'une part, l'industrie ne semble pas en mesure de se permettre des coûts élevés d'installations comme les routes, les chemins de fer et les ports pourtant indispensables à l'exploitation d'un nouveau gisement de minerai. D'autre part, la fréquence d'utilisation nécessaire pour maintenir en service des installations de transport onéreuses et les mettre à la disposition des autres secteurs publics et industriels est un problème qui, au Canada, entrave souvent le développement de l'infrastructure. Toute contribution majeure à la viabilité à long terme de telles installations est donc d'une importance considérable.

Il ne faut pas négliger le fait qu'environ 58 p. cent des marchandises transportées par chemin de fer, près de 50 p. cent des marchandises transportées par bateau sur la voie maritime du Saint-Laurent et près de 60 p. cent des marchandises chargées dans les ports canadiens et destinées à l'exportation proviennent directement de l'industrie minière. L'exploitation minière a donc été, et continue d'être, un facteur majeur dans le développement du réseau de transport canadien.

Par ailleurs, il est évident que les coûts de transport sont d'une importance primordiale pour la mise en valeur des mines. Ainsi, la question essentielle qui se pose dans la plupart des projets de mise en valeur de mines est de savoir quelles seront les répercussions des coûts du transport sur la commercialisation du minerai recherché, particulièrement en ce qui concerne le transport ferroviaire. Habituellement, les politiques en matière de mines exigent que le producteur assume les coûts du transport vers les usines de transformation ou les utilisateurs finals (Brown, 1979). Etant donné que la plupart des minéraux sont expédiés des mines sous forme de concentrés de minéraux ou l'équivalent, les coûts constituent souvent une part importante de la valeur marchande livrée.

Les installations de transport en vrac joueront donc un rôle vital dans la réussite des projets d'exploitation mentionnés dans ce chapitre. Les exemples suivants illustreront bien l'importance que peuvent avoir un facteur comme le transport et les exigences de l'infrastructure connexe. Au cours des dix dernières années, la mise en valeur des gisements houillers du nord-est de la Colombie-Britannique était étroitement liée aux marchés étrangers qui, à leur tour dépendaient de la création ou de la complète rénovation des moyens de transport. Cette région a besoin de nouvelles routes, d'un embranchement ferroviaire et d'installations portuaires en plus de l'amélioration des lignes de chemin de fer existantes vers Prince Rupert. Les coûts totaux de l'infrastructure s'élèvent à environ 500 millions de dollars dont une grande partie est financée par le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux.

Plus important encore pour la mise en valeur future des mines canadiennes est l'effet cumulatif que la production croissante de charbon, de potasse, de soufre et de céréales dans l'Ouest du Canada aura sur le transport ferroviaire. En 1979, ces quatre produits représentaient 28,1 millions de tonnes, soit 80 p. cent du total expédié aux ports de Vancouver et de Prince Rupert. Dès 1985, les expéditions vers l'étranger devraient atteindre 45 millions de tonnes pour les mêmes denrées (Brown, 1981). La capacité des principales lignes ferroviaires entre les provinces des Prairies canadiennes et la côte du Pacifique arrive au point de saturation et doit donc être augmentée rapidement afin de faire face à toute augmentation importante de la mise en valeur future des mines.

Les autres grandes régions posant certains problèmes quant aux besoins futurs en infrastructure sont le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest. L'énergie et les transports seront les éléments clés dans toute tentative ultérieure en vue de développer l'exploitation minière dans le Nord. Déjà, un important soutien fédéral a été assuré pour exploiter les gisements d'Arvik et de Nanisivik récemment

Installations portuaires pour le chargement du charbon à Roberts Bank (B.-C.)
Photographie : George Hunter, fournie par : photothèque de l'ONF

découverts, qui se trouvent être les plus éloignés dans le Nord. Ces deux mines dépendent de l'expédition des concentrés vers les eaux libres de glaces. Si la tendance à la hausse des coûts de l'énergie et de la construction se maintient, un grand nombre de réserves minérales importantes risquent de ne pas être exploitées. Par exemple, l'exploitation de deux nouveaux gisements de métaux de base dans le Nord devrait dépendre de l'aide que le gouvernement fédéral apportera pour leur transport. La prolongation des routes et des voies de chemin de fer assurerait l'accès aux montagnes Selwyn, riches en plomb, en zinc et en tungstène dans l'est du Yukon et aux principaux gisements de métaux de base à l'est du Grand lac de l'Ours, dans les Territoires du Nord-Ouest (Brown, 1980). Ces derniers gisements seront très difficiles à exploiter étant donné qu'ils sont très éloignés de tout réseau de transport. On étudie la possibilité d'expédier le minerai ou les concentrés à partir d'installations portuaires qui seraient situées sur le golfe du Couronnement.

Presque tous les projets d'aménagement de nouveaux corridors de transport vers une mine amènent des problèmes environnementaux. Cela signifie habituellement que les ressources foncières en cause étant beaucoup plus considérables, le projet attire beaucoup plus d'attention que s'il s'agissait d'une région minière établie. Dans ces circonstances, le temps nécessaire pour obtenir une autorisation en rapport avec les problèmes d'environnement peut être considérablement plus long.

Dans l'ensemble, la réussite d'un grand nombre d'exploitations futures de mines peut dépendre seulement de la capacité à assurer l'infrastructure nécessaire — transport, énergie, main-d'œuvre et services communautaires. Si l'industrie minière ne peut autofinancer de vastes ou de complexes installations de transport, les gouvernements seront alors obligés d'investir en toute priorité. Il faudra d'abord savoir si des services sociaux considérables devront ou non être créés ou si des avantages socio-économiques suffisants en découleront à long terme. En ce qui concerne les régions lointaines du Nord, le manque de main-d'œuvre qualifiée risque de venir s'ajouter aux facteurs qui ralentissent la cadence de l'exploitation minière dans le Nord.

Réglementation et compétence

Dans le domaine de l'exploitation des mines, un grand nombre de contraintes sont dues aux règlements et aux diverses juridictions qui les appliquent. Une grande partie de la confusion et des retards provient de ce qui semble être un

Mine d'uranium au bord du lac Athabaska, en Saskatchewan
Photographie : George Hunter, fournie par : photothèque de l'ONF

renforcement constant de la participation et de l'intervention du gouvernement dans l'industrie, et par conséquent du chevauchement des responsabilités entre les divers paliers de gouvernement et au sein de ces derniers. L'effet des juridictions et des contrôles réglementaires sur l'affectation et la gestion des ressources foncières présente un intérêt particulier pour cette étude.

Une grande partie des différends ou des retards dans l'exploitation des mines provient des conflits que soulèvent les demandes concernant l'accès aux terres dotées de ressources minérales et énergétiques commercialisables et à leur utilisation. Les revendications formulées par les autochtones et les demandes innombrables pour la protection des terres à des fins particulières (parcs, réserves de la faune, etc.) imposent des contraintes considérables au mécanisme existant de gestion intégrée des ressources. Les demandes sont de plus en plus soumises à un processus d'évalutaion de l'environnement et d'examen dans le cadre d'une enquête publique. En réponse, l'industrie minière se préoccupe de plus en plus de la complexité et des longs délais pour obtenir des permis environnementaux pour la mise en œuvre des projets miniers. Un grand nombre de ces problèmes de juridiction et de réglementation liés à l'utilisation du sol pour l'exploitation des mines, ses effets sur l'environnement, l'affectation des ressources foncières et les conflits entre l'exploitation minière et les autres utilisations du sol seront examinés plus en détail dans les chapitres qui suivent.

Vue d'une mine à ciel ouvert, Manitouwadge (Ont.)
Photographie : George Hunter, fournie par : photothèque de l'ONF

Chapitre Quatre

SOLS UTILISÉS ET PERTURBÉS PAR L'EXPLOITATION MINIÈRE

SOLS UTILISÉS

La nature et les caractéristiques de l'industrie minière décrites précédemment illustrent la vaste gamme ainsi que l'intensité de l'utilisation du sol qu'entraînent les diverses étapes de l'exploitation minière. Des millions d'hectares peuvent être soumis à des techniques d'exploration d'envergure, mais seule une fraction de cette superficie est perturbée de façon directe par l'exploitation et la production. Dans la plupart des cas, les facteurs déterminant la superficie perturbée sont : (*i*) les caractéristiques du minerai produit — profondeur, densité et type de minerai ; (*ii*) la teneur et la réserve de minerai ; (*iii*) le pourcentage de récupération ; (*iv*) la méthode d'exploitation minière ; et (*v*) le fait que l'enrichissement et le traitement ultérieur ont lieu ou non sur le site minier.

L'étape de l'exploration est celle qui, parmi les activités minières, occupe le plus vaste espace géographique. Les fluctuations de l'approvisionnement et la demande en produits minéraux sont telles qu'une région donnée ou même tout un pays peuvent ne connaître qu'une très faible activité pendant de longues périodes, puis la demande soudaine de certains minerais peut provoquer une grande expansion de l'exploration. Certains des facteurs qui jouent un rôle important dans l'importance de l'exploration sont illustrés par les récents événements à Terre-Neuve et dans les Territoires du Nord-Ouest.

À Terre-Neuve, entre 1977 et 1978, il y a eu une augmentation de 245 p. cent dans le jalonnement réglementaire des concessions minières et une augmentation de 21 p. cent du nombre des compagnies intéressées. Cela tient particulièrement au fait que des modifications favorables ont été apportées aux lois ; que la demande en uranium, en or, en chromite, et en tungstène a été forte ; à ce qu'une superficie accrue des terres de la Couronne à été réservée au jalonnement des concessions ; et à la publication des résultats d'une nouvelle enquête du gouvernement (O'Driscoll, 1979).

La situation actuelle de l'exploration dans les Territoires du Nord-Ouest illustre l'effet qu'ont la demande d'une seule matière première sur l'exploration et la découverte d'une nouvelle source potentielle. La découverte d'uranium dans la région du lac Baker par Urangesellschaft Canada Ltd. a entraîné une augmentation phénoménale de l'exploration de l'uranium. Au 31 octobre 1978, des permis avaient été émis pour plus de 1 573 308 ha, ce qui représente 660 000 ha de plus qu'au cours de la ruée de Coppermine en 1968 (Pagham, 1979). La recherche d'uranium a absorbé plus de 75 p. cent des sommes consacrées à l'exploration dans les Territoires du Nord-Ouest.

L'augmentation rapide des prix mondiaux de l'or, au cours des deux dernières années, a eu un effet extraordinaire sur l'industrie minière de l'or alluvionnaire au Yukon. En novembre 1966, toute activité avait cessé, et les concessions pour l'exploitation de l'or alluvionnaire ainsi que les baux se totalisaient à 6559 au 31 juillet 1979. Dans les douze mois suivants, ce nombre est passé à 9716. Plus de 70 p. cent de toutes les concessions et de tous les baux concernaient la région de Dawson (ministère des Affaires indiennes et du Nord 1979*b* et 1980). Une grande partie de l'activité accrue est consacrée à la reprise de l'exploitation des anciens résidus du gisement alluvionnaire.

Selon l'époque et le minerai recherché, de nombreuses régions ont été explorées et réexplorées à plusieurs occasions, d'où la difficulté de quantifier tous les aspects de l'exploration, dans les cas où la surface est perturbée de façon directe — que ce soit par des profils sismiques, des tranchées, des galeries à flanc de coteau, ou des sites de forage. Dans le cadre de cette étude, les principales recherches visant à quantifier les effets de l'exploitation minière sur l'utilisation du sol, surtout la perturbation du sol, porteront sur les étapes de l'exploitation et de la production.

Une fois que l'exploration a identifié avec succès une zone valable, justifiant une évaluation plus approfondie, les règlements provinciaux et territoriaux nécessitent l'établissement d'une base légale pour l'exploitation, soit sous forme de jalonnement de concessions, de baux, de subventions, soit sous forme de permis. L'enregistrement de ces obligations légales fournit une bonne indication du niveau

Mine Greco, appartenant à la Noranda, Manitouwadge (Ont.)
Photographie : Crombie McNeill, fournie par : photothèque de l'ONF

d'activité à cette étape. En 1979, le secteur minier détenait des droits sur plus de 39 200 000 ha, soit approximativement 4 p. cent de la superficie totale des terres du Canada (tableau 26). À titre de comparaison, le secteur des ressources énergétiques détenait des baux représentant 66 millions d'hectares pour l'exploration pétrolière à terre. Ces chiffres fluctuent de façon considérable d'année en année, puisque dans de nombreux cas, il ne s'agit que de titres légaux détenus pour des périodes relativement brèves. Le total comprend les terres exploitées ainsi que celles qui sont en cours d'évaluation. La superficie qui est en fait utilisée et perturbée au cours des phases de l'exploration, de l'exploitation et de la production est bien moindre.

Une étude effectuée dans le Northeast Coal Block de la Colombie-Britannique (Galbraith, 1978) donne une idée de la superficie réelle des terres perturbées par rapport à la superficie des terres faisant l'objet de permis ou de baux relatifs à l'exploration. En 1977, 721 permis représentant 179 622 hectares avaient été accordés, dont 212 ont fait l'objet d'une enquête. On s'est livré à l'exploration et à l'exploitation dans 129 cas, perturbant ainsi 409 hectares des surface (une moyenne de 3,2 hectares par permis). Les perturbations non liées à l'exploitation minière représentaient cent autres hectares. Si tous les gisements houillers étudiés dans le Northeast Coal Block devaient être exploités, on estime que seulement 2 ou 3 p. cent (soit approximativement de 3600 à 5400 hectares) de la superficie totale faisant l'objet de permis seraient perturbés (McDonald, 1977).

Toutefois, en raison de l'importance des activités d'exploration minières et des ressources énergétiques (pétrole), il n'est pas surprenant que les effets cumulatifs puissent s'étendre. Cela s'applique en particulier aux profils sismiques dans les régions de grande exploitation. Pour la seule zone forestière de l'Alberta, la perturbation des sols provoquée par les activités d'exploration (surtout pour le pétrole et le gaz) s'est étendue sur 234 000 hectares, contre 255 692 hectares perturbés par les opérations de coupe normale du bois, de 1966 à 1976 (Environment Council of Alberta, 1979). Les principaux effets de l'exploration sont habituellement les suivants :

Tableau 26
Propriétés foncières des producteurs de minerais et d'énergie, en 1979

Utilisation du sol	Propriétés foncières (en hectares)	
Exploitation minière		
concessions minières et baux d'exploitation	12 000 000	
concessions régionales	24 000 000	
cessions de mines de minéraux non métallifères à l'exception du charbon	1 200 000	
baux pour le charbon	2 000 000	
total partiel		39 200 000
Baux pour le pétrole		
sur terre ferme seulement	66 000 000	66 000 000
Transport et stockage		
oléoducs (réseau de collecte et conduites principales)	1 000	
gazoducs	81 000	
lignes de transmission	344 000	
bassins de retenue hydroélectriques	1 619 000	
total partiel		2 105 000
TOTAL		107 305 000

Source : Hamilton, 1980

perturbation de la végétation en surface ; modifications physiques du sol ; érosion et sédimentation ; perturbation du lit des cours d'eau ; et déplacement de la faune ou perturbation des habitats des poissons.

Dans le cas du forage au diamant, les eaux résiduaires ont souvent un pH faible ou contiennent de grandes quantités de matières en suspension, des métaux lourds, ou du pétrole et du gaz que l'équipement laisse échapper ou s'écouler. (Arkay, 1975). Les règlements de la plupart des provinces et des territoires exigent actuellement que les eaux résiduaires soient retenues dans des bassins ou des fosses de décantation.

F.F. Slaney and Co. (1971) ont décrit les activités de l'exploration houillère et ses effets sur le milieu environnant en Alberta de la manière suivante :

« On creuse des tranchées à ciel ouvert pour exposer les filons et mieux connaître le gisement avant de procéder à des opérations de forage plus coûteuses. Pour déterminer la qualité du charbon pour divers marchés, un puits de recherche ou une tranchée sont creusés pour obtenir de gros échantillons situés au-delà de la zone exposée aux intempéries ou à l'oxydation. Cette opération laisse souvent les traces d'une importante excavation remblayée sur le versant. Sur les flancs abrupts, il peut être également nécessaire de procéder à une certaine excavation pour aménager des plates-formes ou installer l'équipement de forage. Des routes temporaires sont construites pour permettre l'accès de l'équipement d'exploration au moindre coût possible. La route est aménagée par un bouteur qui passe à travers la végétation, et la surface est habituellement constituée de la partie grossière des sols de surface. Des fossés sont rarement creusés le long de la route et la traversée des petits cours d'eau se fait habituellement à gué ou par des ponceaux de bois. Une fois que les travaux d'exploration sont terminés, il reste un réseau de routes, de tranchées et de sites de forage s'étendant sur de nombreux kilomètres, souvent sur des pentes très abruptes. La perturbation des sols et de la végétation est souvent grave et dure longtemps. Les effets sont encore aggravés par les pentes escarpées qui entourent un grand nombre de ces routes.

Dans les plaines, les couches horizontales de charbon sont généralement recouvertes par un manteau de dépôts glaciaires et ne sont exposées que dans les cas où les principaux cours d'eau ont creusé des lits profonds. Par conséquent, l'exploration est surtout restreinte aux opérations de forage, bien que des puits de recherche doivent être creusés pour obtenir des échantillons en vrac. Dans les zones forestières, ces activités nécessitent également l'aménagement de voies d'accès pour l'exploration. »

Emplacements de sondage et routes d'accès aménagées sur un site en cours d'exploration par la Fording Coal Ltd., à Elkford (C.-B.)
Photographie : Ian B. Marshall, Environnement Canada

Les chiffres relatifs à la perturbation du sol par les routes d'exploration dans les montagnes varient. Selon les calculs de Warden (1976) ces chiffres sont de 2,5 hectares/1,6 kilomètre (6 acres/mille) avec une inclinaison de moins de 30°, et de 4,5 hectares/1,6 kilomètre (11 acres/mille) pour les pentes ayant une inclinaison supérieure, tandis que Stanlake et coll. (1975) donnent 4,85 hectares/1,6 kilomètre (12 acres/mille).

Même si les processus naturels font habituellement disparaître toute trace d'activités en moins de quelques années, il existe de nombreuses régions au Canada qui sont extrêmement vulnérables aux perturbations écologiques, surtout en haute altitude, dans les montagnes de la Cordillère et dans les zones de pergélisol, dans le Nord du Canada. Dans les zones de pergélisol, la nature prend beaucoup de temps à faire disparaître toute trace de dommage et, souvent, il n'y a pas de restauration possible lorsque l'érosion est grave. La plupart des provinces qui font face à ces conditions ont imposé l'obligation de remettre les terres en état comme une condition essentielle à l'obtention du permis d'exploration.

SOLS PERTURBÉS

Au cours de la dernière décennie, trois études fédérales ont permis de quantifier la superficie des sols perturbés par la production des richesses minérales au Canada. En 1971, le *National Advisory Committee on Mining and Metallurgical Research* estimait que 52 610 hectares de sol (à l'exclusion des agrégats de minerai), soit environ 0,006 p. cent de la superficie totale avaient été perturbés par l'exploitation minière (Rabbitts et coll., 1971). Ces chiffres ont été cités de façon régulière par le gouvernement ainsi que par l'industrie privée. Selon les prévisions de l'étude, la superficie perturbée passerait à 59 895 hectares en 1975. (D'autres détails de l'étude figurent à l'annexe VI.) En 1972, des réponses à un sondage sur l'exploitation minière, effectué par la Direction générale de la pollution des eaux, Environnement Canada, ont donné un chiffre de 18 602 hectares perturbés par les mines, mais ce chiffre ne comprenait pas le charbon, la potasse, l'or, l'amiante, le gypse ou les agrégats de minerai. La troisième enquête, et la plus détaillée, a été effectuée par le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET) en 1976 (Murray, 1977*b*). La superficie totale perturbée par les résidus de mines et les exploitations à ciel ouvert par gradins (ou en découverte) représentait 58 325 hectares, dont 7200 ont été recouverts naturellement d'une nouvelle végétation ou partiellement remis en état. L'annexe VII présente une description plus complète des résultats de cette étude.

Les trois études avaient pour principal objectif d'estimer l'étendue des sols perturbés par les déchets des mines et les problèmes éventuels concernant la pollution de l'environnement. L'annexe VIII présente une comparaison plus détaillée des résultats des trois études. Plusieurs omissions ou limitations communes aux trois études ont révélé que même le chiffre le plus important de 58 325 hectares (CANMET) pour les résidus de mines est extrêmement faible, et ne reflète pas la nature véritable et l'étendue des sols utilisés ou perturbés par les activités relatives à la production minière. En effet, une récente estimation effectuée par le Secteur minéral du ministère de l'Énergie, des Mines et Ressources, sur la perturbation des sols (incluant les matériaux de construction), donnait le chiffre de 205 000 hectares (Hamilton, 1980).

Les principaux points omis dont il faut tenir compte, si l'on veut présenter une estimation plus précise de la superficie des sols perturbés par l'exploitation minière, sont résumés comme suit :

- Le nombre de mines étudiées était extrêmement bas et l'étude s'est limitée aux mines alors en exploitation. L'étude de CANMET est une exception puisqu'elle a englobé les mines en exploitation en 1968 et 1974. Un grand nombre de mines abandonnées ont été omises.

- Seuls les sols perturbés par les mines à ciel ouvert, les bures, les résidus, les stériles, les dépôts de morts-terrains, les scories et les étangs de décantation ont été inclus (il s'agit de « déchets de mines »).
  Les terrains affectés à proprement parler aux installations, soit ceux utilisés de façon directe pour les usines, les installations d'enrichissement, les ateliers, les bureaux, les entrepôts, l'entretien, le transport interne ainsi que les services, ont été omis.

- Les sols soustraits à une autre utilisation en raison de la proximité des « déchets de mines » ou des « installations » sont de la plus haute importance. Ces terrains ne peuvent effectivement pas servir à d'autres fins tant que la production minière est en cours. Ils sont soumis à divers degrés de détérioration environnementale en raison de la proximité des opérations minières quotidiennes et de leur interaction fréquente,

Stériles d'uranium dans une mine abandonnée, à Bancroft (Ont.)
Photographie : W.B. Blakeman, Environnement Canada

et il se trouve que ces terrains appartiennent aux exploitants de mines ou sont sous leur juridiction directe.

- La plupart des exploitations minières, selon le type d'opérations et de minerai produit, ont des effets marqués sur les ressources foncières environnantes en raison de la poussière, du ruissellement, de l'infiltration, de l'érosion, de l'envasement, de la circulation, des particules aéroportées et du bruit. En règle générale, les sols soumis à ces impacts environnementaux n'ont pas été compris dans les relevés des sols perturbés ou dégradés, parce qu'il est difficile de mesurer les impacts et les coûts de surveillance à une telle échelle, et qu'il reste à savoir à qui incombe la responsabilité relative à l'exécution d'une telle tâche. Les effets marqués dont il est fait mention ci-dessus seront présentés plus en détail au chapitre cinq.
- En dernier lieu, les zones perturbées par les opérations utilisant des matériaux de construction omniprésents (sable, gravier, pierraille, etc.) ont été exclues.

Malgré la rareté des sources précises pour quantifier ces omissions, il existe suffisamment d'informations pour offrir une estimation quantitative réaliste de l'étendue des terres en cause. Pour les besoins de cette étude, on a pris comme base les données de CANMET et on les a modifiées par des données plus précises ou plus actuelles. Les principales sources sont énumérées à l'annexe IX. Dans la plupart des cas, les estimations des sols perturbés obtenues à partir de diverses sources ne comprenaient pas les zones des futures réserves, ou des emplacements occupés par des installations auxiliaires comme des routes, des lignes de transmission d'énergie, des installations de chargement, des ateliers de réparations, des parcs d'équipement d'entretien, des bureaux et des entrepôts.

EXTRACTION ET ÉLIMINATION DES DÉCHETS

Minéraux métallifères, non métallifères et à valeur énergétique

Dans l'inventaire des déchets de mines, effectué par CANMET, l'élément minimal de résolution des

Relief en creux et bosses dans une mine de charbon à ciel ouvert, dans le sud de l'Alberta
Photographie : Ian B. Marshall, Environnement Canada

images par satellite LANDSAT, utilisé pour mesurer la superficie des déchets de mines était de 10 hectares ; par conséquent, tout emplacement ayant moins de 10 hectares a été omis. En outre, un grand nombre de mines anciennes ont été partiellement ou entièrement recouvertes par la végétation naturelle. Dans certains cas, il n'a pas été possible de distinguer les stériles des affleurements naturels de roche en place. Dans ces circonstances, sur les 718 emplacements choisis, 399 seulement présentaient des perturbations qui ont été consignées dans l'inventaire[13].

Une utilisation minutieuse de la photographie aérienne ainsi que des recherches sur le terrain auraient pu révéler les perturbations sur la plupart des emplacements, mais cela dépassait la portée et les ressources de ce rapport. Les résultats d'une étude effectuée par Environnement Canada (Blakeman, 1978) révèlent l'étendue des opérations minières dans un contexte historique, et par conséquent l'impossibilité d'établir un inventaire aussi détaillé à l'échelle nationale.

En 1976, un inventaire des mines d'or du Canada, connues pour pratiquer l'amalgamation au mercure, a été réalisé dans le cadre d'une étude plus vaste visant à analyser les principales sources connues de contamination par le mercure au Canada. On a identifié 513 mines pratiquant l'amalgamation au mercure et 134 autres qui utilisaient la cyanuration directe, soit un total de 647 mines pour la période de 1855 à 1975. Les mines individuelles ou les puits de recherche pour lesquels les publications fédérales, provinciales ou territoriales indiquent que la production totale ou les échantillons extraits sont inférieurs à 50 tonnes, n'ont pas été identifiés. En outre, le total ne comprenait pas les mines de métaux de base produisant de l'or de sous-produit à moins qu'il y ait la preuve fondée d'une phase d'amalgamation dans le processus de préparation. La Division des mines de l'Ontario a établi de son côté l'existence de petites usines de production dans un grand nombre des sites aurifères connus (plus d'un millier dans la province) et qui, selon les rapports, n'avaient jamais atteint le stade de production.

Cet inventaire des mines d'or connues indique pourquoi des divergences énormes peuvent exister entre les diverses estimations des perturbations provoquées par les mines. Il montre également qu'il existe probablement des zones perturbées par l'exploitation minière dans le contexte historique, dont l'étendue serait beaucoup plus importante que ne le

[13] Les provinces ayant eu le plus grand nombre de mines non repérées sont les suivantes : Ontario, 93 ; Colombie-Britannique, 92 ; Québec, 50 ; Nouvelle-Écosse, 29.

révèlent la plupart des estimations portant sur la perturbation des sols par les opérations minières courantes. Dans la plupart des cas, toutefois, il serait extrêmement difficile de trouver une trace quelconque des petits sites abandonnés qui ont existé avant la Seconde guerre mondiale.

Un projet a été mis sur pied en Ontario pour essayer d'établir la nature, l'étendue et la gravité des problèmes environnementaux découlant des opérations des mines actives et de celles qui ont été abandonnées[14]. Une grande partie des zones perturbées sont attribuables aux activités minières qui se sont déroulées avant l'établissement des programmes de contrôle actuels. Sur plus de 30 000 sites abandonnés, identifiés grâce aux archives remontant à plus de 100 ans (Castrilli, 1977), on considère que seulement 30 à 50 sites miniers ont considérablement perturbé l'environnement.

Les chiffres préliminaires indiquent que plus de 40 600 hectares de sol ont été perturbés par les résidus de mines et par les modifications en surface[15]. Ce chiffre semble élevé si on le compare aux estimations précédentes des perturbations provoquées par les mines en Ontario. Watkin et Winch (1973) ont calculé que les dépôts de résidus en Ontario recouvrent à eux seuls quelque 12 950 hectares. À ce moment-là, environ 140 mines pratiquaient l'extraction de minerais métallifères et

[14] Il s'agit de la première étape d'un projet sur trois ans financé par une subvention de la Provincial Lottery Corporation destiné à nettoyer les mines abandonnées, sous l'égide de la Direction de la lutte contre la pollution, ministère de l'Environnement, 1977.

[15] Hawley, Communications personnelles, 1977.

Tableau 27
Estimation de la superficie de sol perturbé et remis en état, secteur des mines de charbon en exploitation, en 1979

Province	Type d'exploitation	Nombre	Moyenne annuelle	
			Superficie perturbée	Superficie remise en état
			(à 5 hectares près)	
Colombie-Britannique	Surface	3	80	100 — 120[1]
	Souterraine	1	minime	—
Alberta	Surface	4	40	variable
	Souterraine	4	minime	—
	Excavateur	5	105	60 — 130
Saskatchewan	Excavateur	6	190 — 220	140 — 190[2]
Nouveau-Brunswick	Excavateur	1	120 — 160	100 — 160[3]
Nouvelle-Écosse	Souterraine	5	minime	—
	Excavateur	1	5	2 — 3
Totaux			540 — 610 au minimum	402 — 603 au minimum

* Sites d'extraction et terrils

1) La plupart des terrains remis en état par les compagnies exploitantes actuelles ont été perturbés par les activités minières avant 1978 dans la région actuelle de production.

2) Comprend Cornach Mine of Saskatchewan Power Corp., qui est en exploitation depuis 1979.

3) N.B. Coal Ltd. possède 3 à 7 emplacements de production.

non métallifères et rejetaient à peu près 80 millions de tonnes de résidus chaque année. L'inventaire de CANMET de 1976 donnait un chiffre de 7800 hectares de résidus pour 82 sites miniers. La principale distinction entre les trois évaluations réside dans le fait que les chiffres donnés par CANMET et Watkin se rapportent uniquement aux résidus des sites en exploitation. L'inventaire du ministère de l'Environnement de l'Ontario couvrait tous les aspects des perturbations liées à l'exploitation minière, grâce aux photographies aériennes à grande échelle, aux relevés sur le terrain et à l'échantillonnage. Une analyse des programmes de l'utilisation des sols en Ontario (Ward, 1977) a fourni une quatrième estimation qui donne environ 26 800 hectares de sol perturbés et plus de 262 000 hectares de sol en concessions.

L'écart est large entre les diverses estimations de la perturbation des sols par les exploitations minières en Ontario (à l'exclusion des agrégats minéraux). Compte tenu du nombre de mines qui ont été abandonnées par le passé, des mines actuellement en exploitation, et de tous les aspects des activités minières qui perturbent la surface terrestre, il faut avancer un chiffre réaliste se situant entre 26 800 et 40 600 hectares. C'est donc le chiffre le plus élevé donné dans l'inventaire du ministère de l'Environnement de l'Ontario qui est le plus précis, mais il englobe de nombreux emplacements qui ne présentent pas d'intérêt immédiat, qui sont souvent trop isolés pour soulever des préoccupations esthétiques, et qui malgré cela peuvent poser des problèmes d'envergure de pollution par les résidus.

Il existe également des différences lorsqu'on compare les sources de données des autres provinces. En Alberta, la Division de la conservation et de la remise en état des sols considérait que 5491 hectares de sol avaient été perturbés par des mines de charbon tandis que le relevé de CANMET donne 1927 hectares, une différence de 285 p. cent (Thirgood, 1978).[16] En Saskatchewan, le relevé de CANMET donne 3427 hectares contre 4858 hectares pour celui de la province (Douglas, 1979). La différence est expliquée en partie par la date du

[16] Valleau, communication personnelle, 1978.

Tableau 28
Superficie de sol perturbé par les résidus de mines*
(en hectares)

Province/ Territoire	Minéraux métallifères et non métallifères	Uranium	Amiante	Potasse	Charbon	Sables pétro-lifères	Matériaux de cons-tructions	TOTAL
Terre-Neuve	3 560		217				2 400	6 177
Île-du-Prince-Édouard							500	500
Nouvelle-Écosse	840				360		3 500	4 700
Nouveau-Brunswick	1 060				4 450		3 000	8 510
Québec	18 000		2 573				27 000	47 573
Ontario	40 600	857	126				40 000	81 583
Manitoba	1 450						9 000	10 450
Saskatchewan	300	204		3 000	4 860		11 000	19 364
Alberta					6 040	2 800	9 100	17 940
Colombie-Britannique	13 223		S/O		5 150		14 500	32 873
Yukon et Territoires du Nord-Ouest	4 125	S/O	173		S/O		S/O	4 298
TOTAL	83 158	1 061	3 089	3 000	20 860	2 800	120 000	233 968

* Selon la définition donnée dans cette étude, les résidus de mines englobent toutes les terres perturbées par les mines à ciel ouvert, les exploitations par excavateurs, les sites de puits de mines, les déchets de mines, les stériles, les terrils, les scories et les étangs de décantation.

S/O = sans objet

relevé ; toutes les données de CANMET sont basées sur les images de 1975 et sont sujettes aux limites décrites plus tôt.

Le tableau 27 présente une estimation annuelle des sols perturbés et remis en état par les compagnies houillères. Les taux annuels moyens minimaux de perturbation et de remise en état vont respectivement de 540 à 610 hectares et de 402 à 603 hectares. Du point de vue historique, le total cumulatif de la superficie des sols perturbés par toutes les mines de charbon (mines, morts-terrains et terrils) dépasse 18 000 hectares (mines abandonnées ou exploitées).

En tenant compte de toutes les sources (voir l'annexe IX), la superficie minimale occupée par des déchets de mines (à l'exclusion des matériaux de construction) est estimée à 113 968 hectares pour tout le Canada (tableau 28).

Matériaux de construction

Au Canada, la superficie de sol perturbé ou laissé à l'abandon par l'extraction des matériaux de construction est au moins égale, sinon supérieure, à la superficie totale perturbée par toutes les autres formes d'exploitation minière[17]. Bien qu'il n'existe pas d'inventaire précis à l'échelle nationale, plusieurs relevés régionaux et locaux permettent de faire une estimation et d'obtenir un chiffre minimal pour les matériaux de construction.

Un premier essai a été réalisé, qui avait pour but de fournir un inventaire aproximatif des terres de l'Est du Canada, qui sont ou ont été utilisées et ont été éventuellement perturbées au cours de la production de matériaux de construction, et ses résultats ont servi de base à ce rapport (Environnement Canada, 1977). L'inventaire était axé sur les sites près de centres comptant plus de 500 habitants. En raison de leur nature, les matériaux de construction sont extraits aussi près que possible des marchés existants puisque leur volume et leur poids élevé opposés à leur faible valeur font que le coût de transport est un facteur déterminant. Cette base de travail, bien que restreinte, a révélé que 34 072 hectares de sol avaient été perturbés par les quelque 4997 sites exploités, pour une perturbation moyenne de 6,8 hectares (7,3 hectares pour le sable et le gravier ; 16,7 hectares pour les carrières). Un résumé des résultats par région et par province est présenté au tableau 29. Plus de 80 p. cent des emplacements se trouvent en Ontario et au Québec, et les terres touchées représentent une superficie de 30 832 hectares dont 20 916 ha en Ontario.

Des études plus détaillées dans les comtés et les municipalités, effectuées par les provinces de la Nouvelle-Écosse et de l'Ontario, laissent croire que les chiffres ci-dessus ne représentent qu'une partie de la superficie totale perturbée. Les carrières et sablières du comté de Colchester, en Nouvelle-Écosse, n'ont pas été incluses dans l'inventaire d'Environnement Canada ; pourtant un relevé provincial (Simmons, 1971) a identifié 126 carrières couvrant une superficie de 455 hectares. Cela représente 26 p. cent du total des régions urbaines choisies dans l'inventaire d'Environnement Canada. Le total pour toute la province serait encore plus élevé, si on tient compte du fait que les autres régions n'ont pas été répertoriées par l'une ou l'autre des études.

L'*Ontario Mineral Aggregate Working Party* (1977) indiquait que des permis n'avaient été accordés que pour seulement 1200 carrières et sablières dans les trois régions du sud de l'Ontario désignées en vertu de La Loi de 1971 sur la réglementation des carrières. La superficie couverte est de 11 534 hectares, avec une perturbation moyenne de 9,7 hectares. Si toutes les terres des trois régions avaient été désignées en vertu de la Loi, le nombre de carrières et sablières serait passé à 2100 et aurait touché, selon les estimations, 20 396 hectares. Ce rapport ne donnait pas de chiffres sur les carrières et sablières abandonnées ou exploitées précédemment sans permis (avant 1971), ni sur les régions non désignées en vertu de la Loi dans le nord de l'Ontario.

En 1977, des estimations faites par le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario établissaient que 1497 carrières et sablières étaient exploitées avec permis en vertu de la Loi susmentionnée, et que de 2893 à 2943 autres ne détenaient pas de permis au titre de la Loi intitulée *Mining Act on Crown Lands*[18]. Si le chiffre sur la perturbation moyenne provenant de l'étude d'Environnement Canada (6,8 hectares) est utilisé, l'estimation globale de la superficie totale des terres perturbées par les carrières en Ontario dépasse 39 000 hectares (96 370 acres).

Suite aux résultats du *Working Party*, le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario a subventionné deux autres études en vue de quantifier avec plus d'exactitude l'étendue de terrains perturbés et remis en état jusqu'à présent sur une région plus

[17] Les matériaux de construction, surtout le sable, le gravier et la pierraille sont souvent considérés comme agrégats minéraux. Selon l'acception adoptée ici, le terme englobe également le ciment, la chaux, le calcaire, l'argile et le gypse.

[18] Selon les rapports établis par le personnel régional du ministère des Richesses naturelles, et couvrant environ 95 p. cent de toutes les carrières, seulement deux régions n'ont pas été incluses : le nord-ouest et l'Algonquin.

vaste, incluant les comtés de Brant et Wellington, et les municipalités régionales de Durham, Halton et Peel. Ces études ont identifié 258 emplacements, représentant une superficie de 10 294 hectares ; cependant les enquêtes ont été limitées aux carrières et sablières exploitées avec permis (Coates et Scott, 1979)[19]. On a constaté que 33 p. cent des sites avaient été l'objet d'une remise en état partielle, graduelle ou entière. En outre, des travaux préliminaires de terrassement avaient été entrepris pour la remise en état d'une autre tranche de 10,9 p. cent. Le chiffre pour les mêmes comtés et municipalités selon l'étude d'Environnement Canada, est de 6567 hectares pour les terrains perturbés et partiellement remis en état. L'étude détaillée de Coates, avec vérifications sur le terrain, révèle toutefois de façon plus précise la véritable situation dans les deux comtés et les trois municipalités. Mais même ces chiffres sont bas, puisqu'ils excluent les exploitations abandonnées qui n'avaient pas de permis ainsi que les ballastières en bordure de route.

Une deuxième étude subventionnée, effectuée par McLellan et coll., (1979) dans la région municipale de Kitchener-Waterloo, offre la seule base de données accessibles sur le nombre de carrières et sablières abandonnées et opérant sans permis dans le sud de l'Ontario. Sur les 246 carrières et sablières identifiées dans la région municipale, 69 détenaient un permis tandis que 177 n'en avaient pas, ce qui représente respectivement 2416 hectares et 376 hectares. La superficie moyenne d'un emplacement sans permis est de 2,1 hectares, soit beaucoup moins

[19] Deux types de sablières et de carrières ont été omis :

(a) Les emplacements abandonnés avant l'adoption de la Loi sur la réglementation des carrières et sablières (1971), et qui n'ont jamais obtenu de permis ou qui ont cessé leur exploitation après 1971.

(b) Les emplacements qui ont été entièrement remis en état, mais qui, par suite d'une nouvelle utilisation des sols, ne sont plus sous le contrôle du permis initial ou des exploitants de carrière et ne détiennent plus de permis, à titre d'emplacement productif (Coates et Scott, 1979).

Tableau 29
Sommaire de la superficie de sol perturbé par les carrières et sablières dans l'Est du Canada* (hectares)

Région	Superficie totale perturbée	Carrières et sablières		Carrières/mines à ciel ouvert	
		Superficie de sol perturbé	Taille moyenne des mines	Superficie de sol perturbé	Taille moyenne des mines
Nord de l'Ontario	2 658	2 561	10,4	97	19,4
Ouest de l'Ontario	6 610	5 667	6,7	943	24,8
Centre de l'Ontario	6 820	5 680	9,1	1 140	18,1
Est de l'Ontario/ Vallée de l'Outaouais	4 836	3 935	4,2	901	10,7
Nord-Ouest du Québec	452	446	3,5	6	3
Québec — Vallée du St-Laurent/ Cantons de l'Est	8 821	7 310	6,6	1 511	17,5
Québec — Bas St-Laurent	643	643	3,9	—	—
Nouveau-Brunswick	729	622	3,0	107	5,9
Nouvelle-Écosse	1 768	904	4,3	864	29,8
Île-du-Prince-Édouard	400	400	3,5	—	—
Terre-Neuve	335	268	3,1	67	5,1
TOTAL	34 072	28 436	7,3	5 636	16,7

* Essentiellement des matériaux de construction

Source : Environnement Canada, 1977

que les 35 hectares des exploitations actuelles avec permis. Dans la catégorie des carrières et sablières sans permis, 103 étaient abandonnées et 74 avaient été remises en état. Ainsi, dans les cantons désignés au titre de la Loi, seulement 15,5 p. cent de la superficie totale avec permis ont été touchés par la catégorie des carrières et sablières sans permis et abandonnées. Mais la multiplicité des emplacements, dont la répartition géographique est vaste, donne l'impression qu'une région beaucoup plus importante a été touchée. La dimension plus petite des emplacements abandonnés est le résultat de l'application de la Loi sur la réglementation des sablières et carrières de 1971. Les exploitations avec permis sont moins nombreuses, mais elles sont également plus importantes et de plus longue durée dans les cantons désignés. En outre, la Loi accorde aux municipalités le droit d'utiliser le zonage pour restreindre « l'utilisation des sols » et par conséquent, limiter le nombre d'exploitations avec permis ainsi que leur emplacement. Cela n'a pas toujours été le cas dans les cantons qui n'ont pas été désignés au titre de la Loi, ou qui étaient assez éloignés des centres habités pour éviter les pressions du public visant à restreindre leur exploitation ou à faire remettre en état les emplacements abandonnés (Ontario Mineral Aggregate Working Party, 1977).

Le recoupage des données pour l'Ontario indique que l'étendue des terrains perturbés par les exploitations de sablières et de carrières a été beaucoup plus importante qu'on le soupçonnait, surtout en ce qui concerne le total cumulatif de la période précédant la Loi de 1971. La situation est assez semblable dans toutes les provinces, puisque c'est l'Ontario qui, la première, adopta une loi en 1971 pour essayer de contrôler de façon exclusive les carrières et d'en imposer la remise en état. L'Alberta emboîta le pas en 1973 avec la *Land Surface Conservation and Reclamation Act*. Confronté avec la même prolifération et le même manque de contrôle que ceux qui sévissaient dans le sud de l'Ontario, le Québec adoptait en 1977 des règlements spéciaux (règlements sur les carrières et sablières au titre de la Loi de la qualité de l'environnement).

On ne possède que peu d'informations comparables pour les provinces de l'Ouest ; on constate cependant qu'entre 1945 et 1975, dans un rayon de 48 km (30 milles) autour de Winnipeg, l'étendue des terrains perturbés par l'exploitation de carrières est passée de 790 à 2466 hectares, soit une moyenne de 56 hectares par année (RPC Ltd., 1975). En Saskatchewan, il y avait, en 1975, 815 permis émis, représentant 16 387 hectares de terres de la Couronne. Plus de 80 p. cent des carrières ont été utilisées par le ministère de la Voirie (Poliquin, 1977). La superficie réelle des terrains perturbés par l'extraction de sable, de gravier et d'argile était de 10 926 hectares (Land Use Policy Committee, 1978). La superficie perturbée en Alberta s'élevait à 9090 hectares en 1977, avec une augmentation prévue de 4545 hectares (Thirgood, 1978)[20].

À la lumière de ces informations, ainsi que des chiffres de la production annuelle pour les matériaux de construction, de la consommation par habitant (13 tonnes par année) et de la répartition de la population, l'estimation approximative de la superficie minimale perturbée par la production de matériaux de construction au Canada (à l'exclusion des Territoires) est de 120 000 hectares.

INSTALLATIONS ET SOLS INUTILISABLES

Minéraux métallifères, non métallifères et à valeur énergétique

La superficie perturbée par les installations et les sols inutilisables a été estimée à partir des mesures obtenues par des photos aériennes, des cartes topographiques indiquant la disposition des mines et les données publiées dans un certain nombre d'études (Thirgood et Gilmore, 1971 ; Royaume-Uni, 1972 ; Abbott, 1975 ; Murray, 1977).

La *Commission on Mining and the Environment* (Royaume-Uni, 1972) a estimé l'étendue et le type de perturbations qui pourraient se produire sur trois emplacements différents de mines hypothétiques (tableau 30). La superficie occupée par les « installations » varie de 6 à 45 p. cent, et les terrains inutilisables de 7 à 22 p. cent. La superficie totale à l'intérieur des limites de l'emplacement minier avait deux ou trois fois la taille de la superficie utilisée pour éliminer les déchets de mines. La plus grande partie de la variation s'explique par la différence dans les réserves de minerais, le type de minerai, la méthode d'abattage, le pourcentage du taux de récupération et le rapport entre les stériles et le minerai. Dans une comparaison de données similaires pour l'exploitation de mines au Canada, malgré les différences dans le type de minerai extrait et la taille de l'exploitation, l'étendue de sol perturbé par des « installations » fixes est restée relativement constante, et se chiffre entre 5 et 7,5 p. cent (tableau 31). Le sol directement inutilisable varie de 14 à 45 p. cent. Le chiffre élevé de sol inutilisable dans le cas de trois mines d'amiante reflète l'impact cumulatif résultant de leur proximité mutuelle et comme tel, ne représente pas un exemple

[20] Valleau, communication personnelle, 1978.

probant pour la plupart des exploitations minières. Dans le cas de la deuxième mine de fer énumérée au tableau (numéro trois), le volume de fer, supérieur à la moyenne, qui a été extrait jusqu'à présent (263 millions de tonnes, par rapport à 305 millions de tonnes selon les prévisions) a nécessité plusieurs terrils, augmentant ainsi la superficie de sol inutilisable (Abbott, 1975). À titre de comparaison, l'estimation effectuée avant l'exploitation minière de la superficie maximale de sol à utiliser pour les déchets de mines ainsi que les installations de la mine de cuivre de Highland Valley en Colombie-Britannique a été de 1484 hectares, dont 6,5 p. cent sont consacrés aux installations (Thirgood et Gilmore, 1971). Le chiffre prévu pour la nouvelle mine Afton en Colombie-Britannique était 5 p. cent de 417 hectares (Anderson et Robertson, 1977).

À partir de ces exemples, on estime que le chiffre de 7 p. cent de la superficie occupée par les déchets de mines est représentatif de l'étendue de sol occupé par les installations sur la plupart des sites miniers. De même, un chiffre de 30 p. cent a été adopté pour l'étendue de sol inutilisable en fonction des deux types d'activités minières indiqués ci-dessus. D'après ces chiffres, les sols inutilisables et ceux qui sont occupés par les installations sur les emplacements miniers représentent 32 334 autres hectares. Avec l'estimation précédente de 113 968 hectares pour les déchets de mines, le total cumulatif est de 146 302 hectares. Le tableau 32 présente une répartition plus détaillée par province et par type de mine.

Il arrive que la fonte et l'affinage du métal s'effectuent dans des usines situées dans des parcs industriels de centres urbains. On n'a pas tenu compte des espaces affectés à ces fins mais on estime que ce genre d'usines occupe au moins 5000 hectares (Hamilton, 1980). Il faut ajouter à cela l'emplacement de 2670 hectares de la nouvelle usine de la société Steel Co. of Canada Ltd., située à Nanticoke, sur la rive nord du lac Erié. Cette étendue qui dépasse de loin les besoins était destinée à assurer une zone tampon afin de satisfaire la population qui voulait un emplacement esthétique. Cette importante zone tampon fait par contre qu'une superficie encore plus étendue de terres agricoles se trouve affectée à des fins d'exploitation minière passive.

La dégradation physique et chimique est particulièrement importante dans les zones perturbées par les stériles. Le terrain utilisé pour les diverses installations de logistique et d'exploitation souffrira moins de la dégradation chimique, mais il nécessitera des travaux considérables de nettoyage de la surface. Le tassement du sol par les véhicules, les particules aéroportées et en suspension dans l'eau, et par les déversements localisés de liquides ou de composés solides (pétrole, graisse, produits chimiques, etc.) normalement utilisés dans les opérations minières contribuent à l'aliénation du sol. Pour ce qui est de la

Tableau 30
Perturbation et utilisation du sol sur trois emplacements miniers hypothétiques (en hectares)

Type de mine	Déchets de mines Stériles, étangs, résidus, mines à ciel ouvert, stockage des morts-terrains	Installations Usine, broyeur, ateliers, bureaux, réservoirs, etc.	Terres désaffectées	Superficie totale comprise dans les limites du site minier
1. Mines de cuivre à ciel ouvert — 4 millions de tonnes par année — réserves de 60 millions de tonnes	315	20 — 40	30 — 70	300 — 800
2. Mine de zinc et de plomb à ciel ouvert — 666 000 tonnes par années — réserves de 10 millions de tonnes	56	6 — 15	4 — 8	100 — 160
3. Mine de cuivre souterraine — 650 000 tonnes par année — réserves de 13 millions de tonnes	33	8 — 15	5	60 — 160

Source : Royaume-Uni, 1972

remise en état (temps, coûts et recherche), l'accent est mis sur les déchets de mines.

Matériaux de construction

En ce qui concerne l'extraction de matériaux de construction, l'étendue de sol inutilisable est beaucoup plus restreinte. On n'a pas tenté de déterminer la superficie nécessaire pour les installations, puisque la plupart sont situées à proximité ou dans le fond de la carrière ou de la sablière. Le sol inutilisable est habituellement limité à la zone de réserve qui n'a pas encore été exploitée, aux plates-formes de protection ou aux écrans contre le bruit, aux routes d'accès et aux zones d'entreposage. Pour les emplacements de matériaux de construction, la portion de sol inutilisable est estimée à au moins 15 p. cent (18 025 hectares), ce qui porte le total à 138 025 hectares. En règle générale, l'étendue de sol perturbé s'explique par les chiffres de la production provinciale, (voir le tableau 32). L'Ontario est le plus gros producteur de granulats (34 p. cent), suivi du Québec (19 p. cent), de la Colombie-Britannique (13 p. cent) et de l'Alberta (6,5 p. cent).

L'estimation de 138 025 hectares est extrêmement prudente du fait qu'on a omis les données précises à l'échelle nationale sur les carrières et sablières abandonnées, et les ballastières de routes utilisées pour la construction d'autoroutes. On pourrait facilement hausser cette estimation d'au moins 25 p. cent. L'éloignement, des risques limités pour l'environnement et la restauration naturelle de la couverture végétale, suffisante pour s'harmoniser avec le paysage environnant, sont toutefois des facteurs atténuants.

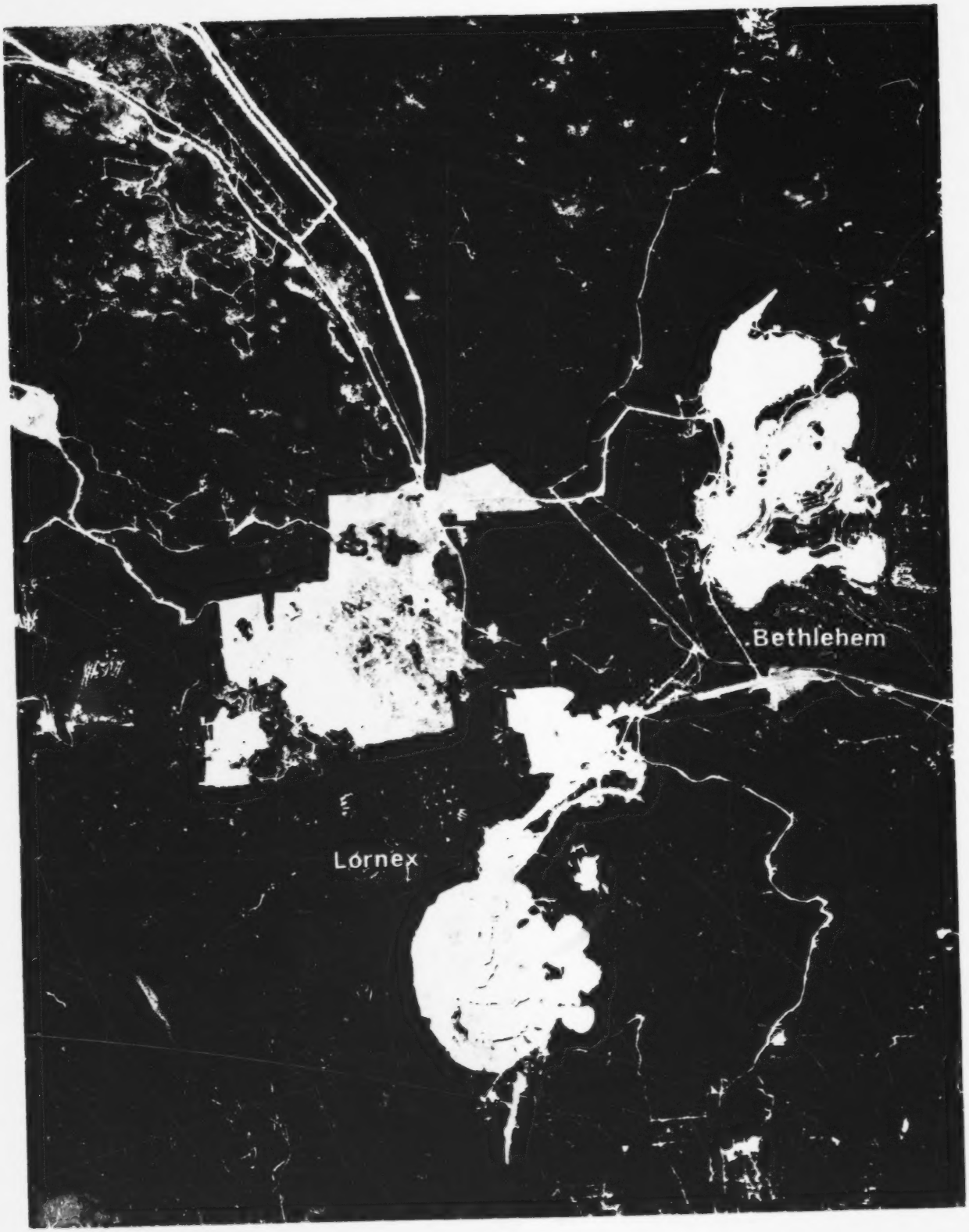
LES BESOINS EN SOLS DANS LE FUTUR

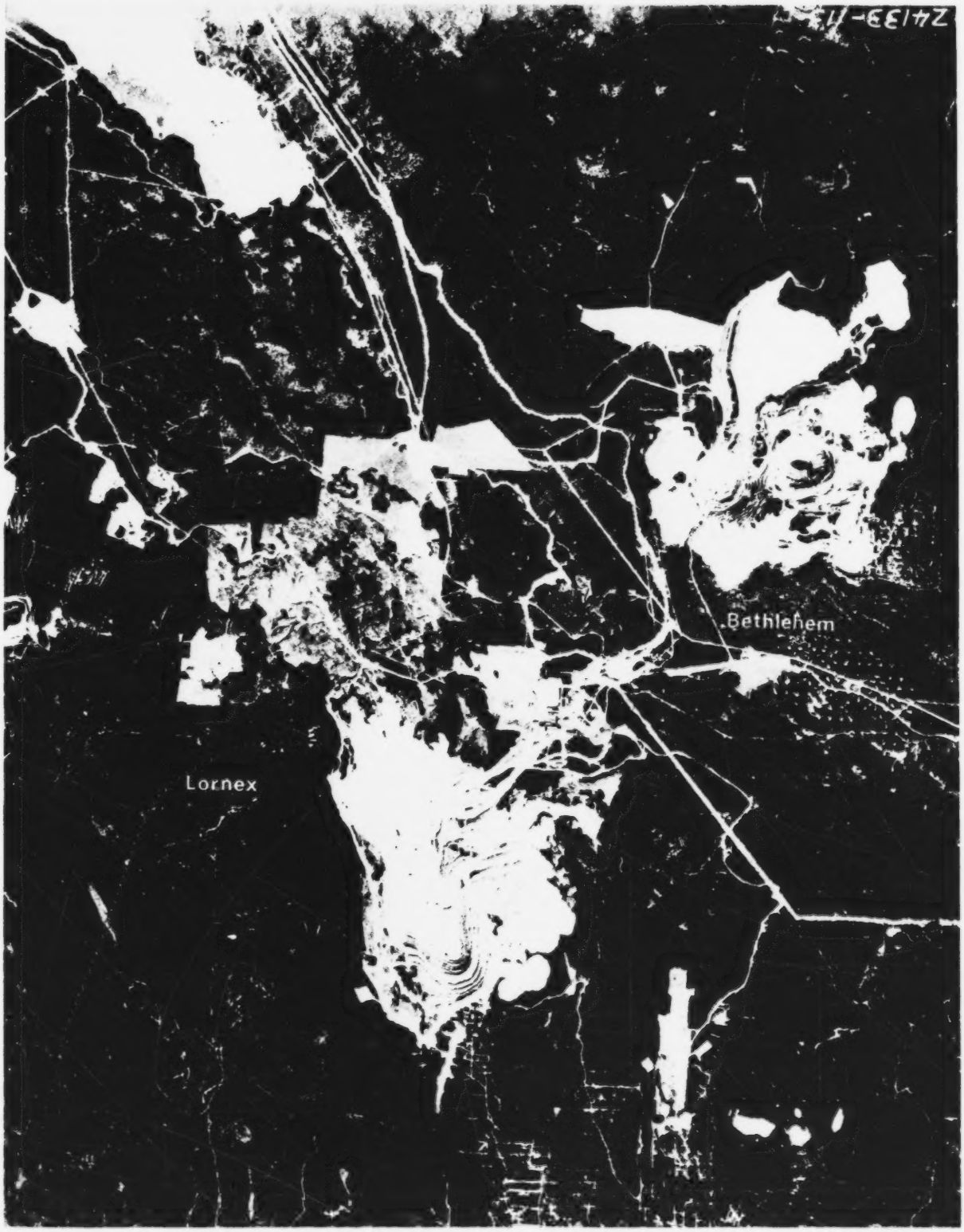
Les principales tendances de l'exploitation et de l'approvisionnement en ressources minérales et énergétiques (présentés au chapitre 3) commencent déjà à avoir une répercussion considérable sur la nature et l'étendue de l'exploitation minière au Canada pour l'avenir. La demande croissante des sources d'énergie de rechange a provoqué l'expansion accélérée de l'exploitation du charbon, de l'uranium et des sables pétrolifères. Dans la plupart des cas, l'exploitation minière à ciel ouvert est proposée. Il faut également souligner l'importance de l'instabilité de la demande d'or et d'argent, et des autres minerais importants du point de vue stratégique. Cela est particulièrement significatif dans le cas de nombreuses mines anciennes à peine rentables qui, après avoir été fermées en raison des bas prix, sont redevenues intéressantes. Cela a prolongé la vie des mines actuelles, a permis de réouvrir celles qui n'étaient pas rentables, et maintenant que le prix par g/kg (oz/lb) est assez élevé pour que les réserves et les types de minerais soient rentables, il s'en est suivi le développement

Tableau 31
Perturbation et utilisation du sol sur les sites miniers en exploitation au Canada (en hectares)

Type de mine	Déchets de mines Stériles, étang à boues, résidus, mine à ciel ouvert, stockage des morts-terrains	Installations Usine, broyeur, ateliers, bureaux, réservoirs, etc.	Terres désaffectées	Superficie totale comprise dans les limites du site minier
1. Mine de cuivre et d'argent à ciel ouvert Colombie-Brifannique	1 018	75	205	1 298
2. Mine de fer à ciel ouvert, Labrador/Terre-Neuve	553	54	185	792
3. Mine de fer à ciel ouvert, Québec	607	30	245	882
4. Mine de fer à ciel ouvert, Québec	289	35	40	364
5. Mine d'amiante, trois mines contiguës à ciel ouvert ; superficie combinée, Québec	1 060	54	480	1 594

Sources : Abbott, 1975 ; Murray, 1977b


Bethlehem
Lornex



Ces photographies aériennes des mines à ciel ouvert de la Bethlehem Copper Corp. et de la Lornex Mining Corp., à Highland Valley (B.C.) donnent une idée des terres perturbées par l'exploitation minière au fil des ans. La photographie de gauche a été prise en 1971, celle de droite en 1975, donc à 4 ans seulement d'intervalle. Elles ont été prises par la Division des levés et de la cartographie, Énergie, Mines et Ressources, Ottawa.

rapide de plusieurs nouvelles mines. Le climat actuel favorable à l'exploitation minière et l'importance de cette dernière pour l'économie du Canada entraîneront l'augmentation des sols nécessaires pour l'exploitation minière.

MINÉRAUX MÉTALLIFÈRES ET NON MÉTALLIFÈRES

Besoins fonciers

Scott et Bragg (1975*a*) ont indiqué que les zones perturbées par toutes les activités minières ont augmenté au rythme de 3600 hectares par année, cette perturbation étant attribuable au charbon, au minerai de fer et aux métaux non ferreux dans des proportions plus ou moins égales. Le taux de croissance des exploitations minières à ciel ouvert est établi approximativement par les données publiées sur les mines de fer du Québec où, en 1974, les mines a ciel ouvert, les terrils ainsi que les résidus dégradaient 3027 hectares de sol. Le taux annuel d'augmentation prévu pour une situation semblable est de 302 hectares jusqu'en 1994, ce qui signifie un total de 9065 hectares depuis le début de l'exploitation minière (Abbott, 1975).

Les informations sur la mise en valeur des futures mines, données au chapitre précédent donnent, pour un proche avenir, une indication générale du taux d'augmentation des besoins fonciers pour l'exploitation de minerais métallifères et non métallifères. Au moins 13 nouvelles mines par année seraient nécessaires d'ici l'an 2000 uniquement pour permettre au Canada de conserver sa part actuelle des marchés mondiaux.

Les chiffres sur les sols perturbés par les déchets de mines, présentés au tableau 3, représentent approximativement de 50 à 70 p. cent de la superficie réelle perturbée sur un emplacement minier (à l'exclusion des zones utilisées par des installations et des sols inutilisables, comme mentionné ci-dessus). Par conséquent, s'il faut ouvrir 13 nouvelles mines par année et que chacune perturbe, en moyenne, un total de 148 hectares pendant sa durée d'exploitation, il faudrait affecter annuellement approximativement 1924 hectares de sol pour l'extraction de minerais métallifères et l'entreposage des stériles sur les lieux d'extraction.

Un chiffre plus réaliste qui comprendrait les besoins pour les installations et les sols inutilisables porterait ce total à au moins 3000 hectares par année. Ce chiffre ne tiendrait pas compte des expansions d'envergure sur les sites miniers actuels ni de la réouverture des anciennes mines. Il ne tiendrait pas compte des opérations continues de lutte contre la pollution, du nettoyage et de la remise en état pendant l'exploitation de la mine.

Selon les prévisions jusqu'à l'an 2000, l'augmentation cumulative des sols perturbés serait approximativement de 60 000 hectares pour les mines de minerais métallifères et non métallifères (à l'exclusion des matériaux de construction). Ces

Tableau 32
Superficie de sol perturbé, utilisé et rendu inutilisable dans le cadre de l'exploitation minière* (en hectares)

Province/ Territoire	Minéraux métallifères et non métallifères	Uranium	Amiante	Potasse	Charbon	Sables pétrolifères	Matériaux de construction	TOTAL
Terre-Neuve	4 880		297				2 750	7 927
Île du Prince-Édouard							575	575
Nouvelle-Écosse	1 150				495		4 025	5 670
Nouveau-Brunswick	1 450				6 100		3 450	11 000
Québec	21 885		3 525				31 050	56 460
Ontario	48 420	1 174	173				46 000	95 767
Manitoba	1 986						10 350	12 336
Saskatchewan	411	279		4 110	6 660		12 650	24 110
Alberta					8 280	4 850	10 500	23 630
Colombie-Britannique	18 115		S/O		6 175		16 675	40 965
Yukon et Territoires du Nord-Ouest	5 650	S/O	237		S/O		S/O	5 887
TOTAL	103 947	1 453	4 232	4 110	27 710	4 850	138 025	284 327

* Comprend la superficie de sol perturbé par les déchets de mines et les installations ainsi que la superficie de sol inutilisable en raison de leur proximité des déchets de mines ou des installations fixes ou de leur encerclement par ceux-ci.

chiffres ne comprennent pas les zones qui pourraient être inutilisables ou dégradées par les effluents ou les matières particulaires au-delà de l'emplacement de la mine (c'est-à-dire par un effet d'étalement).

Il n'existe aucun chiffre précis au Canada sur les taux de perturbation annuelle dans le secteur des matériaux de construction, ni sur les prévisions de la demande dans l'avenir. Toutefois, les effets directs de l'exploitation des granulats minéraux (sable, gravier et pierre concassée) ont tendance à être proportionnels, grosso modo, à la quantité de matériaux extraits (Paone et coll., 1974). En l'absence de données précises au Canada, il est possible d'effectuer des estimations approximatives de la production future par l'application d'un facteur de conversion. Les méthodes d'extraction du Canada, ainsi que les conditions sur les emplacements, sont très semblables à celles des États-Unis ; on peut donc employer, à titre de comparaison, les données américaines concernant le rapport entre les granulats produits et le sol utilisé pour estimer la superficie de sol nécessaire dans le futur. On estime que les besoins annuels pour l'extraction de sable et de gravier (tableau 33) passeront, pour la période 1980 à l'an 2000, de 6616 à 11 493 hectares par année. Pendant la même période, les besoins pour répondre à la demande de pierre concassée passeront de 1250 à 2407 hectares par année. Sur une période de 20 ans (1980 à 2000), la demande prévue de pierre concassée atteindra 2,98 milliards de tonnes, celle de sable et de gravier, 8,85 milliards de tonnes qui nécessiteront respectivement 36 160 et 179 063 hectares de sol.

Progrès dans le réaménagement des terrains

L'industrie minière canadienne s'occupe du réaménagement des terrains depuis assez longtemps. Elle s'y intéressait déjà avant la Seconde guerre mondiale. Toutefois, on a accordé une attention particulière à l'utilisation des techniques de restauration de la couverture végétale, empruntées aux sciences agricoles et forestières. Les principaux objectifs consistaient à réduire l'érosion, à contrôler le ruissellement de surface des eaux contaminées, à réduire les ruptures de talus et à améliorer l'aspect général ainsi que le réaménagement de la zone contiguë à la mine. Des travaux préliminaires ont été effectués par l'INCO à ses mines de Sudbury et Timmins en vue de réduire la poussière provenant de la zone des résidus (Weston, 1973 ; Bell, 1975 ; Wintahalda, 1978.)

Avant l'introduction de stipulations de réaménagement dans les lois édictées au début des

Tableau 33
Superficie de sol requis pour l'extraction du sable et du gravier et de la pierre concassée, en fonction de la demande prévue (1980 à 2000)

Année	Production [a] [b] [c]		Superficie de sol utilisé	
	Sable et gravier	Pierre concassée	Sable et gravier	Pierre concassée
	(en millions de tonnes)		(en hectares)	
1980	327	103	6 616	1 250
1985	375	124	7 588	1 505
1990	430	145	8 700	1 760
2000	568	198	11 493	2 407

(a) Canadian Mining Journal, 1981.

(b) Prévisions de la production de 1985, 1990 et 2000 basées sur les prévisions du taux d'augmentation annuelle de 2,8 p. cent pour le sable et le gravier et de 3,2 p. cent pour la pierre concassée établies par le *Bureau of Mines* des États-Unis (1976).

(c) Facteurs de conversion de 30 acres (12,1 ha)/million de tonnes dans le cas de la pierre et de 50 acres (20,2 ha)/million de tonnes dans le cas de l'exploitation du sable et du gravier (Barney, 1980).

Sources : Bureau of Mines des *États-Unis, 1976 ; Barney 1980 ; Canadian Mining Journal, 1981*

années 1970, le rapport du *National Advisory Committee on Mining and Metallurgical Research* (Rabbitts et coll., 1971) indiquait que seulement 637 hectares de sol perturbé par les stériles et les terrils de minerais métallifères avaient été réaménagés (voir annexe VI). Il estimait que ce chiffre pourrait passer à 2246 hectares en 1975, sous l'impulsion des nouvelles lois et des progrès accomplis grâce aux recherches. Toutefois, à la fin des années 1970, le rattrapage était plus lent que prévu. Une analyse des activités de remise en état du sol à l'échelle du Canada (effectuée dans le cadre de cette étude mais qui sera publiée séparément) indique que la superficie de sol remis en état à la suite de l'entreposage de déchets miniers métallifères est d'approximativement 5480 hectares (tableau 34).

La lenteur des progrès accomplis jusqu'à présent s'explique entre autres par le fait que

- Les lois ne sont entrées en vigueur qu'au cours des années 1970, et ont connu un succès plus ou moins relatif dans les diverses provinces.
- L'attribution des responsabilités des sites miniers abandonnés demeure un problème juridique difficile à résoudre dans certaines provinces ; dans de nombreux cas, elle dépendra en fin de compte de l'importance que les autorités provinciales accordent à la remise en état des lieux.
- Les gisements de minerais métallifères sont exploités pendant de longues périodes (habituellement pendant 15 à 20 ans) avant que la mine soit fermée. Les incertitudes qui existent au début des travaux et des imprévus ne permettent pas de planifier la remise en état du terrain utilisé pour l'extraction du minerai, les terrils ou les zones d'entreposage des résidus. Souvent, les mines et les terrils doivent être agrandis en raison des quantités accrues de déchets (faible teneur en minerai) ou au contraire à cause de réserves imprévues de minerai. Dans de nombreux cas, avant d'effectuer le nettoyage et la remise en état du terrain, il faut attendre qu'un terril ou qu'un bassin à résidus ne puisse plus servir, ou la fermeture de la mine en raison de l'épuisement des réserves. Des conditions économiques défavorables peuvent en outre retarder le nettoyage, par suite d'une série de fermetures temporaires.

Tant que les zones de résidus, les terrils et les sites d'extraction sont en exploitation, il n'est guère possible de

Tableau 34
Estimation de la superficie de sol perturbé et restauré en 1980* (en hectares)

Province/ Territoire	Minéraux métallifères	Charbon	Uranium	Sables pétrolifères	TOTAL
Terre-Neuve	25	—	—	—	25
Nouveau-Brunswick	20	1 780	—	—	1 800
Nouvelle-Écosse	S/O	125	—	—	125
Québec	400	—	—	—	400
Ontario	3 385	—	160	—	3 545
Manitoba	25	—	—	—	25
Saskatchewan	5	1 012	1	—	1 018
Alberta	—	2 650	—	775	3 425
Colombie-Britannique	1 595	1 750	—	—	3 345
Yukon et Territoires du Nord-Ouest	25	—	—	—	25
TOTAL	5 480	7 317	161	775	13 733

* Les totaux ne tiennent pas compte des sites d'exploitation des matériaux de construction (carrière de sable, gravier, pierre) ni des sites perturbés au cours de l'exploitation. Les données proviennent des sources de l'annexe IX.

réaliser de véritables progrès au-delà de la zone expérimentale de recherche.

- Le pourcentage très élevé des mines de minerai contenant des sulfures métalliques réduit de façon considérable l'étendue éventuelle de sol perturbé susceptible d'être actuellement remis en état. Bien qu'il y ait eu des exemples isolés de réaménagement efficace, les faibles valeurs du pH et la teneur en métaux lourds toxiques des minerais de sulfures de pyrite et de pyrrhotite ont entravé les solutions à long terme, même avec l'emploi annuel de doses massives de chaux ou de calcaire. Les emplacements dont la couverture végétale a été restaurée continuent de nécessiter des apports élevés d'engrais ; rares sont ceux qui ne nécessitent aucun entretien, ne serait-ce même que pour une courte période.

- Des problèmes plus graves encore sont provoqués par les déchets de mines d'uranium qui libèrent des éléments radioactifs dans l'environnement, surtout par l'intermédiaire des nappes d'eau. Les problèmes relatifs aux déchets d'uranium ne sont toujours pas résolus, malgré une décennie de recherches dans le domaine du réaménagement. (Atkin et coll., 1977 ; Schmidt et Moffat, 1979).

Dans les circonstances, le réaménagement des terrains perturbés par l'extraction de minerais métallifères et non métallifères (à l'exclusion des matériaux de construction) ne connaîtra vraisemblablement pas d'amélioration marquée dans un proche avenir.

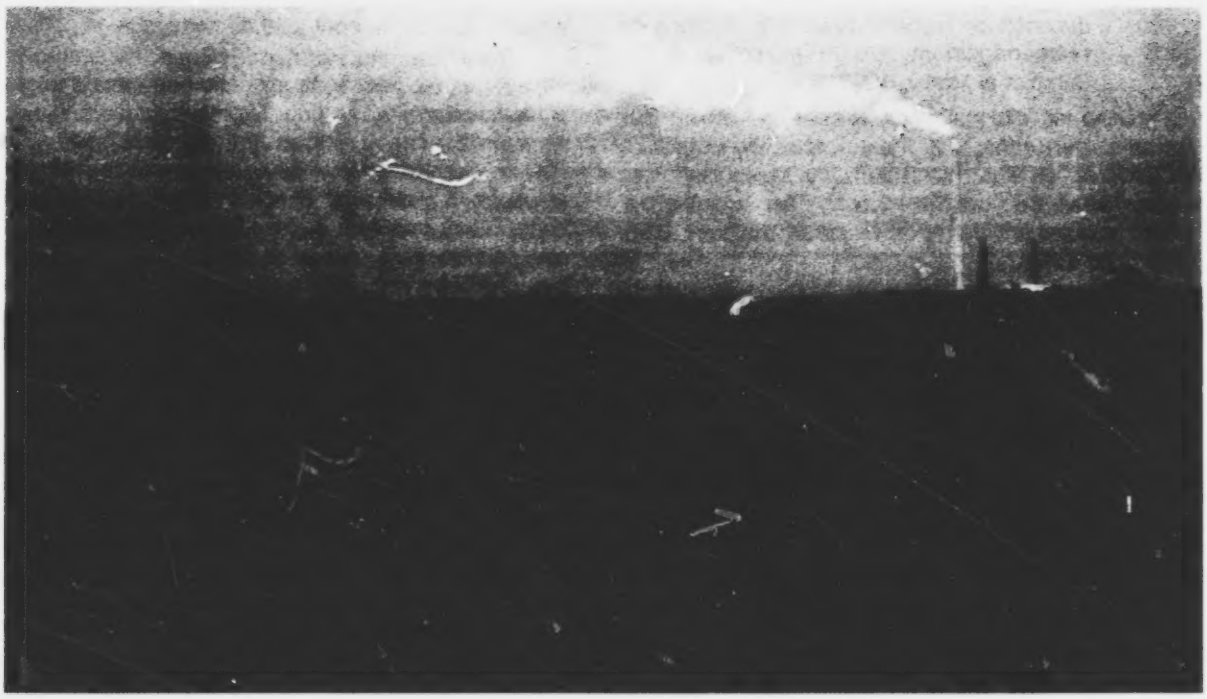
Le nombre de compagnies qui s'intéressent actuellement à la recherche dans le domaine du réaménagement a augmenté de façon considérable au cours des années 1970. En 1979, plus de soixante compagnies minières procédaient à la remise en état de quelque 130 sites miniers. Cela comprend toutes les compagnies houillères actuelles. De nombreuses compagnies possèdent plusieurs sites miniers, et les recherches, axées sur un ou deux emplacements, sont conçues pour s'appliquer également aux autres sites. En outre, certaines grandes compagnies disposant d'un personnel de recherche en matière d'environnement et de réaménagement effectuent maintenant sous contrat des travaux de remise en état (ou agissent à titre d'experts-conseils) pour des exploitants moins importants et moins expérimentés. Dans de nombreux cas, les compagnies minières ont mis en œuvre des programmes de recherche en coopération avec des organismes gouvernementaux ou des universités, ou ont permis la réalisation d'essais sur leurs propriétés minières et ont fourni de l'aide à cet égard. De plus en plus de compagnies minières retiennent les services de sociétés d'experts-conseils spécialisés dans l'environnement et l'ingénierie en vue de concevoir et de mettre en application des programmes de remise en état et de planification d'utilisation du sol à long terme.

Une grande partie des recherches effectuées jusqu'au début des années 1970 a été axée sur la restauration du couvert végétal (particulièrement l'utilisation d'espèces cultivables, la mise au point d'espèces qui pourraient s'adapter à des conditions défavorables, et l'influence des caractéristiques et de la taille des déchets sur la survie et la croissance des plantes. Cette méthode aléatoire a été remplacée par un autre système qui utilise des espèces aborigènes capables de s'adapter et pouvant servir à une stabilisation initiale. Dans le cas des nouvelles mines surtout, l'accent a été mis en outre sur la planification préliminaire des facteurs de protection de l'environnement, notamment l'étude et l'emplacement des morts-terrains et des déchets de mines, ainsi que sur les programmes de remise en état à long terme qui répondent aux objectifs particuliers de l'utilisation du sol. En règle générale, cette méthode est plus efficace et réduit le coût total du nettoyage.

Dans l'exploitation de mines de minerais métallifères (et parfois de minerais non métallifères) il arrive souvent, surtout pour les minerais d'uranium et sulfurés qu'il soit impossible de procéder à la remise en état du sol et qu'il faille envisager d'autres solutions. Il peut ainsi être nécessaire de créer des zones tampons autour des emplacements de stockage des déchets dans le cas de mines qu'on ne prévoit pas restaurer une fois l'exploitation terminée. Avant de prendre à l'avenir des décisions quant à l'utilisation du sol, il faudra peut-être tenir compte de ce facteur avant d'attribuer des terres à certaines activités minières ou attendre qu'une nouvelle technologie apporte des solutions. Si certains déchets de mines ne peuvent être récupérés, les programmes d'utilisation du sol après l'exloitation minière — surtout l'utilisation séquentielle ou multiple — devront être abandonnés et ceux qui prévoient une utilisation maximale ou optimale, basés sur l'analyse socio-économique coût-rendements, joueront peut-être un rôle encore plus prépondérant qu'à l'heure actuelle.

Malgré la rareté des informations publiées à l'échelle nationale qui permettent d'évaluer la portée des futures exploitations de matériaux de construction, certains signes révèlent que des progrès

Hydro-ensemencement en cours sur un site de l'INCO, à Sudbury (Ont.)



Cet ancien étang à résidus a été reconverti en habitat naturel pour la faune par la compagnie INCO, de Sudbury (Ont.)
Photographies : Ian B. Marshall, Environnement Canada

sont en cours dans la remise en état des carrières et des sablières abandonnées. Les principales mesures d'incitation ont été les lois, le profit éventuel, ainsi que les pressions exercées par le public et les autorités locales. La majeure partie des progrès sont réalisés par les grandes compagnies exploitantes (Yundt, 1977 ; Coates et Scott, 1979). Dans certaines provinces, des programmes ont été mis en œuvre pour nettoyer les emplacements dégradés, grâce à des fonds publics (Alberta, Saskatchewan et Ontario). Dans la plupart des cas, les aires réaménagées se trouvent à l'intérieur des limites de centres urbains périphériques, et en général la perspective d'un profit important résultant de la valorisation du sol a été un facteur déterminant. La plupart des emplacements ont été remis en état avec succès et aménagés en décharges sanitaires, en terrains de jeu, en parcs, en terrains de golf, en terrains de camping, en jardins, et en parcs industriels et résidentiels.

D'après une étude récente, on comptait 82 carrières et sablières dans la grande région de Toronto (Yundt et Augastis, 1979), dont 67 avaient été abandonnées. Trente-quatre pour cent de celles remises en état sont maintenant utilisées à des fins récréatives, 25 p. cent à des fins résidentielles et 15 p. cent à des fins éducatives. Deux des emplacements font maintenant partie du jardin zoologique de la ville. Peu de sites ont été remis en état pour servir à la production agricole.

De nombreuses municipalités ont tiré des avantages intéressants, de la restauration par le fait même que des dépressions éparses des sites d'extraction abandonnés et inexploités ont permis d'aménager des zones fort recherchées à des fins d'utilisation publique, zones qui avaient été négligées lors de l'aménagement urbain initial. Même dans ce cas, il est peu probable que le nombre impressionnant d'emplacements abandonnés (spécialement les carrières en bordure de routes) en Ontario et au Québec soient jamais tous remis en état. À l'avenir, la motivation du profit éventuel et les exigences de la planification municipale (à l'échelon du canton ou du comté), de même que les lois en vigueur sur la remise en état en vue d'une utilisation bien déterminée du sol seront les éléments-clés qui permettront de réduire le total des terres perturbées par l'extraction des matériaux de construction.

Les mines en cours d'exploitation devront en fin de compte procéder au nettoyage jusqu'à un certain point, établi conformément aux exigences provinciales et au degré d'application de la loi. Dans de nombreuses provinces, la remise en état fait maintenant partie des priorités, selon l'importance du danger en cause et la disponibilité des fonds (Marshall, en préparation).

MINÉRAUX À VALEUR ÉNERGÉTIQUE

Charbon

Besoins fonciers

Selon les estimations, le nombre de houillères à ciel ouvert triplerait au cours des vingt prochaines années au Canada, et par conséquent, les futures activités dans ce secteur auront un impact considérable sur les besoins en terre. À l'aide des prévisions (voir au chapitre 3), on a estimé à combien se chiffreront les taux de perturbation et de remise en état du sol, pour la période allant de 1980 à l'an 2000, et ces chiffres sont présentés au tableau 35. Une fois encore, les zones englobent uniquement les sols perturbés ou remis en état à la suite des opérations d'extraction, et non pas ceux qui ont été affectés à des fonctions auxiliaires (installations, terrains inutilisables ou réserves).

À partir de ces estimations, il est possible d'établir que l'exploitation des nouvelles mines de charbon à ciel ouvert, ou leur expansion, affectera en moyenne une superficie de 800 à 865 hectares de sol par année (voir le tableau 32). Sur une période de 20 ans, ce chiffre s'élèverait entre 16 000 et 17 300 hectares. Les augmentations les plus importantes seront enregistrées en Alberta, en Saskatchewan et au Nouveau-Brunswick. Le taux de perturbation combiné de l'Alberta et de la Saskatchewan représente plus de la moitié du total, et sera probablement de l'ordre de 400 à 500 hectares par année. On peut prévoir que les terres perturbées dans ces deux provinces seront des terres de culture, des pâturages ou des forêts. Les projets de la mine de charbon Hat Creek (Colombie-Britannique) et de celle d'Onakawana (Ontario), ainsi que de la centrale thermique du même lieu, sont toujours en suspens, en raison des dommages que la forte teneur en soufre du charbon, pourrait causer à l'environnement compte tenu de la situation géographique exceptionnelle des emplacements envisagés.

En Alberta, un projet beaucoup plus vaste prévoit une exploitation maximale allant jusqu'à 143 millions de tonnes par année (projet qui comprend des usines de gazéification et des complexes pétrochimiques). Selon les prévisions, ce projet entraînerait la perturbation d'environ 2293 hectares de sol par année pour un total de 68 798 hectares sur les 30 ans (1975-2004) que devraient durer l'exploitation (Hermans et Goettel / 1980). Toutefois, il

Tableau 35

Estimation de la superficie de sol perturbé et restauré suite à l'ouverture de nouvelles mines de charbon ou d'expansion de mines existantes (1980 à 2000)

	Nombre de nouvelles mines ou de mines qui seront agrandies	Production annuelle prévue (tonnes)	Type	Estimation de la superficie perturbée par année (hectares)	Taux de régénération prévu par année (hectares)	Commentaires
Colombie-Britannique	1	10 700 000	ciel-ouvert	65	35	Hat Creek — Mine d'une superficie de 1050 ha destinée à être partiellement remblayée ou inondée après 35 ans ; la superficie totale perturbée au cours de la phase I atteindra 2250 ha. Les terrils seront régénérés.
Alberta	5	20 000 000	excavateur	335	255 — 420	Il s'agit de trois nouvelles mines (Genessee, Sheerness, Paintearth) et de l'expansion de deux exploitations existantes (Highvale, Vesta) ; il est prévu que les perturbations dues aux mines actuelles non agrandies s'étendront sur environ 55 ha par année jusqu'à la fermeture ; par conséquent, les perturbations totales dues aux mines à ciel ouvert en Alberta engloberont 590 ha/année
Saskatchewan	1	1 680 000	excavateur	90 — 110	60 — 120	Les perturbations dues aux cinq mines actuelles s'étendront sur une superficie de 100 à 110 ha/an et entre 100 et 120 ha/an seront soumis à une restauration ; par conséquent, il est prévu que la superficie totale perturbée sera de 190 à 270 ha/an
Ontario	1	2 000 000	excavateur	170	150 — 198	Exploitation possible de lignite à faible teneur d'Onakawana
Nouveau-Brunswick	1	600 000	excavateur	120 — 160	100 — 160	Expansion de la société N.B. Coal Ltd., à savoir que la production passera de 0,3 à 0,6 million de tonnes/an
Nouvelle-Écosse	1	70 000	excavateur	20 — 25	15 — 30	Exploitation possible de trois sites au cours d'une période de 20 ans par la société Novaco
TOTAL		35 050 000		800 — 865	615 — 955	

Source : Blakeman, 1980

semble peu probable que le marché national accuse un tel accroissement de la demande.

Il est prévu que les nouvelles mines envisagées et celles qui prendront de l'expansion vont porter le total du sol perturbé par les houillères de 1075 à 1150 hectares par année, au moins jusque dans la dernière partie des années 1980. Ce chiffre ne comprend pas la superficie de sol qu'on estime nécessaire pour les nouvelles mines de charbon projetées dans les régions du Sukunka et Quintette du Northeast Coal Block, ni un bassin houiller plus petit à l'est de Prince George, en Colombie-Britannique. Si toutes les exploitations de la région devaient être menées à bonne fin, les perturbations annuelles prévues augmenteraient d'environ 50 à 75 hectares.

Progrès dans la remise en état

Les progrès réalisés dans la réduction de la superficie de sol perturbé par l'exploitation du charbon au Canada reflètent, dans une grande mesure, l'adoption de lois plus sévères en Colombie-Britannique (1968) et en Alberta (1973) obligeant à la remise en état, et des mesures plus récentes prises en Saskatchewan, au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse qui favorisent le réaménagement du terrain par l'application de nouvelles mesures législatives et d'obligations concernant l'évaluation de l'impact environnemental. Actuellement, toutes les houillères en exploitation sont engagées dans des travaux de remise en état. Compte tenu des obligations de remise en état en vigueur dans la plupart des provinces productrices, on peut s'attendre à ce que des travaux de remise en état soient effectués sur les lieux de toutes les mines en exploitation, qu'elles soient nouvelles ou en expansion (mines à ciel ouvert en découverte ou par gradins) et que les sols perturbés seront remis en état dans des conditions qui seront acceptées par les divers gouvernements provinciaux. En effet, selon les plans des sociétés actuelles, on prévoit que les taux annuels de remise en état des nouvelles mines et des mines en expansion représenteront de 615 à 955 hectares (voir tableau 35) et de 235 à 320 hectares pour les mines actuelles (voir tableau 27). La différence entre les taux de remise en état peut être attribuable aux facteurs suivants :

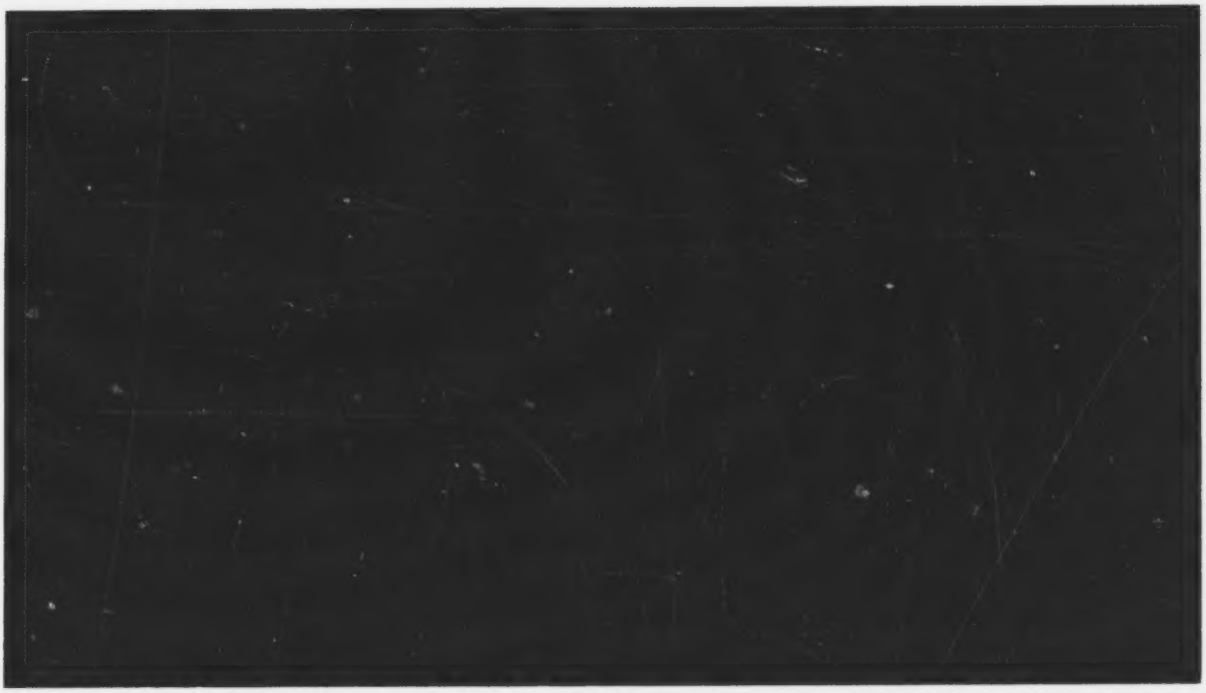
- L'exploitation plus intense que prévu d'une mine pourrait en quelques années perturber le terrain au-delà du rythme de la remise en état alors qu'en cas de ralentissement des activités l'inverse pourrait se produire ; et
- Les conditions incluses dans les baux provinciaux d'exploitation minière accordés aux exploitants peuvent obliger ces derniers à remettre en état les terrains qui ont été perturbés par l'exploitation minière avant la fin des années 1960.

En dépit des efforts déployés au cours des dernières années par l'industrie minière pour la remise en état des sites exploités à ciel ouvert, d'immenses superficies sont laissées en friche sur les sites miniers abandonnés dans toutes les provinces productrices. Jusqu'en 1979, la superficie de sol perturbé (sur les emplacements d'extraction et les terrils seulement) représentait, selon les estimations, environ 18 825 hectares, dont approximativement 30 p. cent ont été remis en état jusqu'à présent. Cela ne comprend pas les zones dégradées par les installations permanentes ou soustraites à d'autres utilisations possibles, ce qui porterait la superficie perturbée à quelque 25 790 hectares. Une grande partie du sol non remis en état peut être considérée comme terres abandonnées ou être classée parmi les sols qui ont été perturbés avant les stipulations réglementaires en matière de remise en état. Pour l'Alberta, la Saskatchewan et le Nouveau-Brunswick, soit les principales provinces qui pratiquent l'extraction minière à ciel ouvert, on considère que la superficie en cause pourrait atteindre 10 000 hectares.

La remise en état éventuelle de ces terrains devrait être entreprise par des organismes provinciaux, soit isolément, soit de concert avec les sociétés minières. L'Alberta et la Colombie-Britannique ont amorcé des programmes à long terme de restauration visant le nettoyage définitif de tous les sites houillers abandonnés qui ne relèvent pas des mines actuellement en exploitation. Comme le coût actuel ou futur de la remise en état peut dépasser de loin les avantages à tirer de terres abandonnées depuis longtemps, il se peut qu'une très forte partie de 6500 hectares de terres abandonnées en Saskatchewan et au Nouveau-Brunswick à la suite de l'exploitation houillère ne soient jamais remises en état. Ces provinces se concentrent sur la remise en état des terres actuellement exploitées. Il est peu vraisemblable, toutefois, qu'on atteigne à nouveau le chiffre de 25 792 hectares de sol perturbé et aliéné par toutes les mines de charbon abandonnées et existantes, qui avait été estimé précédemment. Le total devrait diminuer avec le temps, à mesure que les projets actuels et futurs de remise en état deviendront entièrement opérationnels, à condition d'avoir été mis en œuvre.

Sables pétrolifères

La superficie maximale qui pourrait être éventuellement dégradée par l'extraction en surface



Morts-terrains nivelés dans une mine de charbon à ciel ouvert dans le sud de l'Alberta, en vue de la régénération de la couverture végétale

Terres converties à la culture dans une mine de charbon en découverte, dans le sud de l'Alberta
Photographies : Ian B. Marshall, Environnement Canada

des sables pétrolifères est d'environ 230 000 hectares. Le projet de l'usine d'Alsands, dans la région de Fort McMurray, devrait avoir la même taille que l'usine actuelle de Syncrude (159 000 m^3 par jour de pétrole brut synthétique). Selon les prévisions, cette usine perturberait en outre, de façon directe, au moins 8900 hectares de sol. Toutefois, comme il l'est dit au chapitre 2, les problèmes soulevés par la nature physique des résidus ont retardé les tentatives faites pour trouver une méthode permettant de les récupérer. La forte teneur en eau des boues nécessite leur retenue par des digues, ce qui offre peu de possibilités de restaurer la couverture végétale à ce stade-là. En outre, on craint que les premiers bassins à résidus dans les divers projets envisagés, provoquent la perte permanente des ressources contenues dans les sables pétrolifères sous-jacents. Jusqu'a présent, la remise en état a été limitée aux digues et aux autres zones qui n'ont pas subi d'extraction ou qui ont reçu des résidus, ce qui a permis de restaurer la couverture végétale sur quelque 775 hectares de sol en 1979.

RÉSUMÉ

La superficie de sol perturbé par l'industrie minière est fort supérieure à celle établie par des études précédentes, effectuées à l'échelle nationale. On peut mesurer pleinement l'importance de l'exploitation minière lors de la phase d'exploration qui est sujette à d'importantes fluctuations d'une année à l'autre, et ne représente souvent que des impacts à très court terme sur l'utilisation des terres. On manque encore de données précises qui permettraient de définir et de caractériser l'étendue réelle des perturbations provoquées par l'exploration dans l'industrie minière.

La superficie totale de sol perturbé, utilisé et aliéné dans le cadre des activités minières est estimée à 284 327 hectares, et équivaut à environ la moitié de la superficie de l'Île-du-Prince-Édouard. Un tiers de ces terres sont en Ontario, un cinquième au Québec, et 15 p. cent en Colombie-Britannique. En matière d'impact, ce sont les zones perturbées par les déchets de mines (233 968 hectares) qui présentent le degré maximal de dégradation physique et chimique. La dégradation chimique est moins marquée dans les zones utilisées pour diverses installations de logistique et d'exploitation ; celles-ci nécessitent en revanche des travaux considérables pour nettoyer la surface. Les terrains inutilisables sont généralement perturbés par le tassement des véhicules, les particules aéroportées et en suspension dans l'eau, et les déversements localisés de composés liquides et solides (pétrole, graisse, produits chimiques, etc). Pour ce qui est de la remise en état, l'accent est mis sur les déchets de mines.

Selon les estimations, la superficie perturbée, utilisée et aliénée par les secteurs des minerais métallifères et non métallifères (à l'exclusion des matériaux de construction) représente 112 289 hectares. Il faut à cela ajouter 7670 hectares occupés par les usines de fonte et d'affinage des métaux situées dans des parcs industriels de centres urbains. D'après le taux prévu de développement requis dans le secteur minier, on prévoit que les terres occupées par l'ouverture de nouvelles mines ou l'expansion de mines existantes dans les domaines des minéraux métallifères et non métallifères augmenteront au minimum d'environ 60 000 hectares sur une période de vingt ans se terminant en l'an 2000.

La superficie minimale perturbée et inutilisable dans le cas de l'extraction des *matériaux de construction non métallifères* est estimée à 138 025 hectares. Ce chiffre a un caractère exceptionnel en ce sens qu'il représente des milliers de carrières et de sablières dont la majorité se trouve dans un rayon de 8 kilomètres autour des centres les plus peuplés. Au cours des vingt prochaines années (1980 à 2000), on estime que 215 231 hectares de sol seront nécessaires pour répondre aux demandes prévues en matériaux de construction (sable, gravier et pierre concassée).

Le secteur minier à valeur énergétique a quant à lui perturbé 34 013 hectares de sol. On prévoit que l'exploitation de mines de charbon à ciel ouvert triplera au cours des vingt prochaines années au Canada, ce qui entraînera une perturbation additionnelle de 18 000 à 20 000 hectares de sol. Dans l'avenir immédiat (avant 1990) une seule nouvelle usine est prévue pour les sables pétrolifères qui devrait perturber au moins 8900 hectares de sol. Selon les estimations, la superficie totale qui pourrait être perturbée par toutes les exploitations actuelles et projetées de sables pétrolifères est d'environ 30 000 hectares, incluant les installations, les déchets et les terrains inutilisables.

Dans l'ensemble, on prévoit qu'au cours des vingt prochaines années plus de 300 000 hectares de sol seront utilisés ou perturbés par l'exploitation minière. La superficie totale des *terrains remis en état* jusqu'à présent (1980) dans les secteurs des mines de minéraux métallifères et non métallifères est de 5480 hectares, ce qui représente un peu moins de 5 p. cent de la superficie totale perturbée par les déchets de mine sur les sites de mines de minéraux métallifères et non métallifères. Il est peu vraisemblable que l'ensemble des sols perturbés par

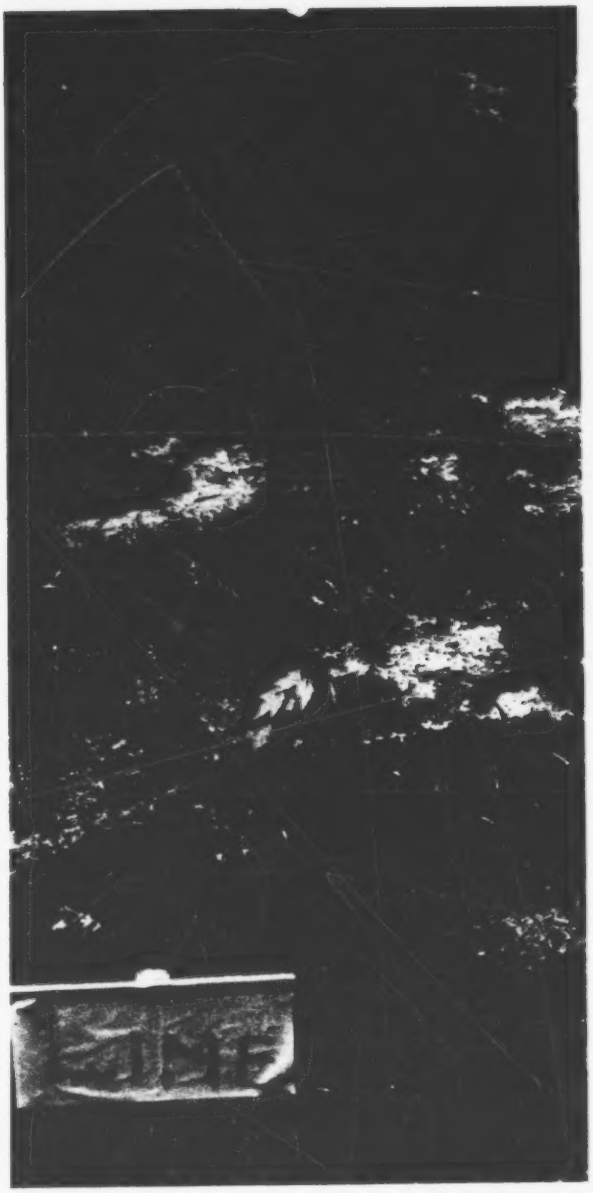
des mines soit remis en état dans une proportion importante dans un proche avenir. Le réaménagement sera effectué surtout dans le cas des mines de charbon actuellement en exploitation ainsi que dans le cas des mines nouvelles ou en expansion. Les taux annuels de remise en état pour les mines nouvelles et en expansion représenteront de 615 à 955 hectares et de 235 à 320 hectares pour les emplacements miniers actuels. Environ 35 p. cent de l'arriéré des terres perturbées par les mines de charbon (approximativement 20 860 hectares) ont déjà été remis en état ou sont en voie de l'être.

Une grande partie des sols non restaurés peut être classée dans la catégorie des terres abandonnées, ou parmi celles qui ont été perturbées avant l'adoption des lois sur la remise en état. Comme le coût actuel et futur de la remise en état peut dépasser de beaucoup les avantages à tirer des terrains délaissés depuis longtemps, il est possible qu'en Saskatchewan et au Nouveau-Brunswick d'importantes parties de ces terres à l'abandon ne soient jamais remises en état. Environ 6000 hectares entrent dans cette catégorie. En Alberta, l'arriéré des terres abandonnées est remis en état par le gouvernement provincial.

Il reste encore à trouver une technique efficace de remise en état dans le cas des résidus des usines de sables pétrolifères. Toutefois, un programme intensif de recherche est en cours pour découvrir une solution. Les activités de la remise en état se sont limitées jusqu'à présent à la restauration de la couverture végétale des digues.

Les données publiées sont insuffisantes pour offrir une estimation quelconque de la superficie de terrains remis en état sur les emplacements des matériaux de construction dans tout le Canada. Il n'existe toutefois que peu de facteurs physiques et chimiques qui limitent la remise en état sur ces emplacements (à l'exception des carrières), et dans les régions où des mesures économiques suffisamment motivantes ont été adoptées, on trouve un grand nombre d'emplacements remis en état. L'important arriéré qu'accuse le secteur des matériaux de construction en matière de remise en état des sites d'extraction, est généralement attribuable à l'absence de règlements sur la remise en état ou à l'impossibilité d'appliquer des règlements dans le passé.

Ce chapitre a été consacré aux sols réellement perturbés, utilisés ou inutilisables dans le cadre de l'exploitaiton minière, mais il est évident que ce n'est là qu'une facette des problèmes environnementaux liés à l'exploitation minière. Dans le chapitre suivant, l'accent sera mis sur l'impact que l'emplacement minier et les activités inhérentes à son exploitation ont sur l'environnement, c'est-à-dire « l'effet d'étalement ».



Des essais sont effectués avec différentes plantes, herbes et essences sur des résidus de mine en vue de la régénération de la couverture végétale, Sudbury (Ont.)
Photographie : Ian B. Marshall, Environnement Canada

Chapitre Cinq

EFFETS DE L'ÉTALEMENT

IMPACTS ET INTERACTION DE L'EXPLOITATION MINIÈRE

NATURE DES RÉSIDUS MINIERS

Toutes les exploitations minières émettent dans l'atmosphère et l'hydrosphère des polluants de divers types et en différentes quantités. Les processus associés à la dispersion des polluants résiduels (voir le tableau 36) sont à la fois nombreux et complexes. En outre, ces processus de dispersion sont fonction du temps et de l'espace, étant donné que leur vitesse de propagation tient à certains facteurs comme le transfert de masse, la turbulence et la diffusion. Bien qu'il faille absolument tenir compte des facteurs climatiques et topographiques pour contrôler la dispersion des polluants résiduels, on ne saurait oublier que le volume, ainsi que le type de rejets, varient en fonction des caractéristiques minérales du minerai destiné à être exploité, des méthodes de traitement employées, de la superficie occupée et de la capacité de production de la mine. La figure 16 illustre, de façon simplifiée, les processus d'interaction entre les diverses étapes de l'exploitation minière et l'environnement.

CONTRAINTES AFFECTANT LA PRÉVISION DES INCIDENCES ENVIRONNEMENTALES

Un certain nombre de facteurs empêchent de se prononcer catégoriquement sur l'aspect quantitatif et les risques de propagation spatiale des incidences environnementales par l'exploitation minière. Les paragraphes ci-après résument brièvement les facteurs les plus importants :

- Chaque mine a des caractéristiques particulières. Le type et la dispersion des polluants environnementaux ne dépendent pas uniquement de la nature physique, chimique et radiologique des méthodes d'extraction et de traitement des minerais et des stériles, mais aussi de l'emplacement, de la topographie et du climat. La variabilité de ces facteurs empêche d'évaluer les incidences éventuelles, qu'il s'agisse de l'industrie dans son ensemble, ou des divers procédés et opérations d'extraction et de traitement de matériaux identiques.
- Compte tenu de la diversité des minéraux extraits dans l'ensemble du Canada, de la diversité des polluants impliqués et de la diversité des juridictions politiques, il a été impossible, dans la plupart des cas, de procéder à une surveillance d'ensemble qui aurait permis de dégager des informations quantitatives sur la nature et la portée des incidences environnementales, au niveau régional et national. En outre, le gouvernement ou l'industrie minière ne pourraient probablement pas supporter les frais qu'entraînerait un programme de surveillance générale, étant donné son ampleur et son champ d'application. Les difficultés sont encore aggravées par le fait que des polluants à l'état liquide, solide ou gazeux sont libérés à tous les stades de l'activité minière, depuis l'exploration initiale jusqu'à l'abandon final. Une multitude de variables inhérentes aux procédés d'extraction et d'enrichissement influent, de façon marquée, sur le transfert ou la dispersion des résidus dans l'environnement.
- La variété des polluants rejetés dans la biosphère au cours de l'exploitation minière modifient plus ou moins les caractéristiques de l'écosystème. La nature précise des modifications qualitatives qui se produisent dans les écosystèmes terrestres et aquatiques, ainsi que les effets à long terme sur la santé de l'homme, nous échappent. Il sera nécessaire d'effectuer des recherches supplémentaires considérables pour déterminer les effets à grande échelle dans diverses conditions environnementales. Selon Ripley et coll., (1978) : « ... on détient peu de renseignements sur les effets à long terme et les impacts des rejets dont les teneurs sont inférieures au seuil à partir duquel l'organisme subit des dommages visibles et immédiats ». En fait, l'accumulation des matières polluantes semble constituer le plus grand risque.

Mine d'or abandonnée à Carcross (Yukon)
Photographie : Larry Weiseman, fournie par : photothèque de l'ONF

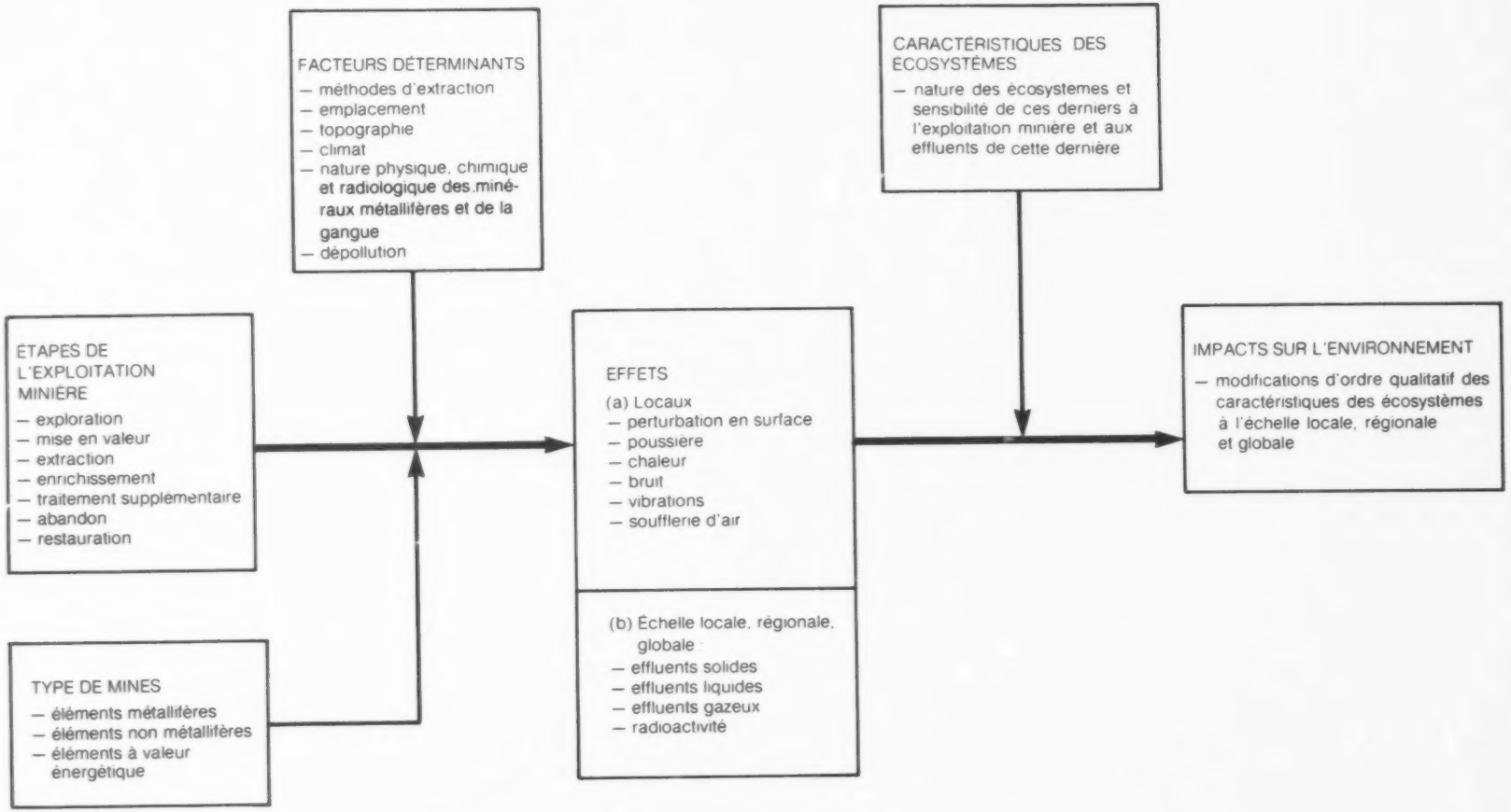


FIGURE 16. Interaction entre les étapes de l'exploitation minière et l'environnement

Source : Ripley et coll., 1978

POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

MÉCANISMES DE DISPERSION

La dispersion des polluants rejetés dans l'atmosphère à l'état liquide, solide ou gazeux est causée principalement par des mécanismes interreliés associés à la vitesse du vent, à la température dans le plan vertical, à la turbulence et à la topographie, et l'importance des émissions varie énormément selon les conditions météorologiques, la latitude géographique et la saison à laquelle s'effectuent les travaux (voir la figure 17). Les polluants peuvent être transportés dans le sens des vents dominants ou dispersés dans l'atmosphère à la fois sur le plan vertical et sur le plan horizontal. Au cours de certaines périodes de l'année, les conditions atmosphériques (par exemple, les inversions de température) empêchent la dispersion et le mélange immédiats, ce qui provoque une augmentation de la teneur en matières polluantes au niveau du sol et nuit à la qualité de l'air. Une grande partie du Canada —

Tableau 36
Processus d'étalement des polluants dans la biosphère

Processus d'étalement dans l'atmosphère
Dispersion des substances en phase vapeur par le vent
Dispersion des particules par le vent
Dispersion verticale (particulièrement importante s'il y a une dépression à une altitude élevée ou un transfert à un autre milieu à une basse altitude)
Retombée et dépôt de particules sèches
Lessivage des particules
Dissolution de la vapeur dans l'océan
Transformations chimiques comme l'oxydation photochimique et l'hydrolyse (l'altitude ainsi que la présence d'autres éléments chimiques peut influer sur ces deux processus)
Dispersion par les courants marins
Mélange vertical et dispersion dans les couches supérieures de l'atmosphère
Concentration dans les couches superficielles, évaporation
Processus d'étalement dans l'eau douce
Transformations chimiques dont les précipitations et la redissolution
Absorption et désorption des particules en suspension ou des sédiments
Dispersion sur les sédiments
Remise en suspension et étalement des sédiments des eaux peu profondes, par exemple dans les estuaires ou au cours des orages
Diffusion dans les sédiments
Évaporation des surfaces
Distribution de l'eau et de ses polluants par le processus d'irrigation dont l'importance, à l'échelle locale, permet de prévoir les effets toxiques pour l'homme et le métabolisme des plantes et des animaux
Processus d'étalement dans la lithosphère
Dispersion dans le sol sous forme de vapeur ou en solution dans l'eau
Volatilisation des polluants du sol par évaporation ou par distillation par mèche ou par distillation à la vapeur d'eau
Volatilisation des polluants qui se dégagent des déchets brûlés dans les décharges, etc.
Infiltration dans la nappe phréatique
Absorption par les particules du sol ou désorption de celles-ci
Érosion des particules du sol par le vent ou l'eau
Métabolisme des organismes présents dans le sol
Absorption par les plantes et les animaux
Processus d'étalement en mer
Transformations chimiques dont les précipitations et la redissolution
Absorption et désorption des polluants des particules en suspension ou des sédiments
Sédimentation des particules en suspension
Remise en suspension ou étalement des sédiments des eaux peu profondes, par exemple dans les estuaires ou au cours d'orages
Étalement dans les sédiments
Absorption et métabolisme des plantes et des animaux

Source : Mukammel, 1968

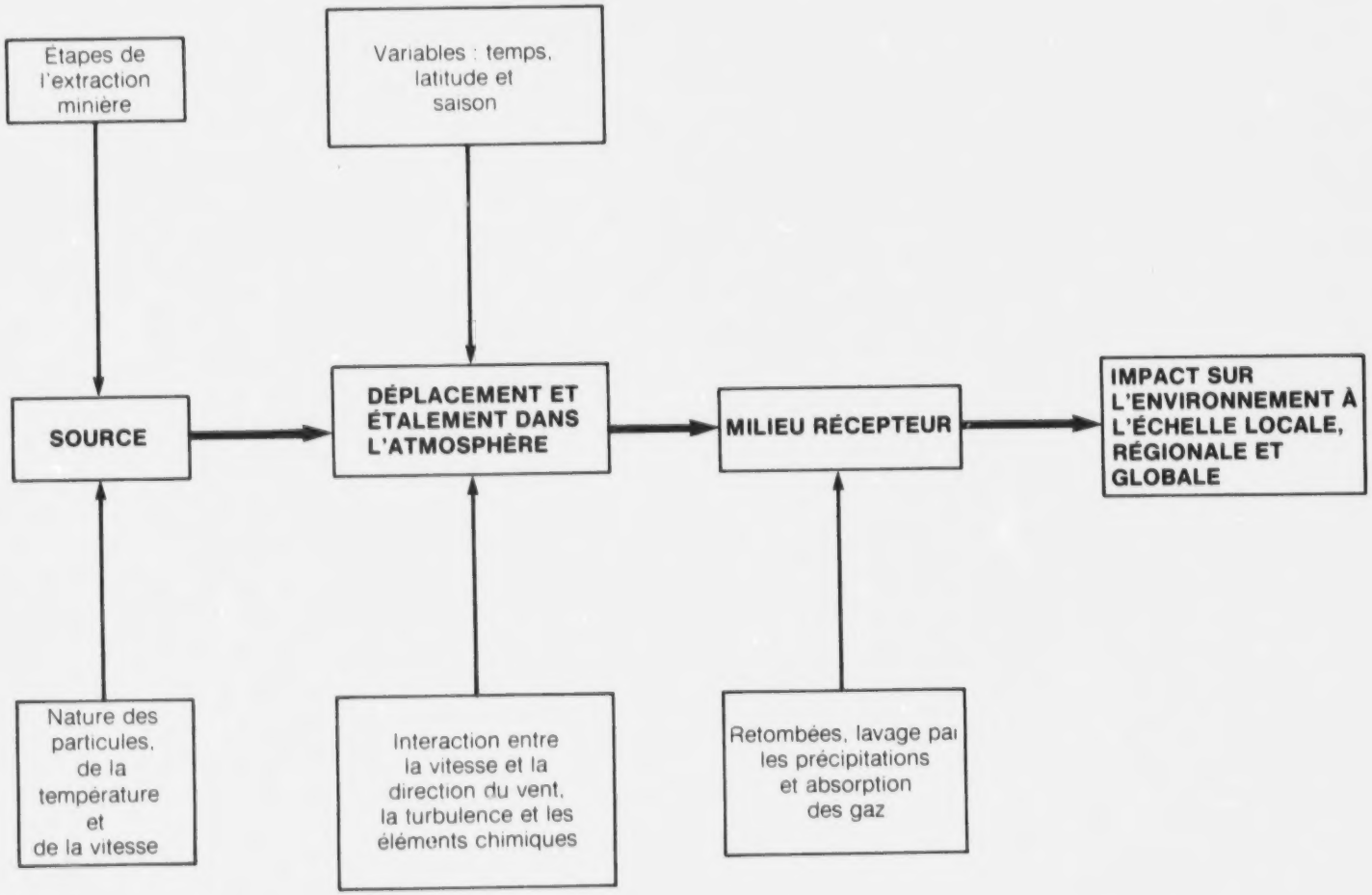


FIGURE 17. Étalement des résidus atmosphériques

Le dioxyde de soufre a détruit toute végétation sur cet emplacement dans la région de Sudbury (Ont.)
Photographie : Stan Sudol, fournie par : photothèque de l'ONF

en particulier la région de la vallée du Mackenzie (sauf au printemps), l'Arctique et la région des Grands Lacs en hiver (Ripley et coll., 1978) — semble très vulnérable à la pollution atmosphérique. L'évaluation subjective de l'importance relative de diverses variables atmosphériques, à l'échelle de la pollution locale, régionale et nationale, fait l'objet du tableau 37. L'air pur se compose de vapeur d'eau et de gaz (environ 78 p. cent d'azote, 12 p. cent d'oxygène et de petites quantités d'argon, d'anhydride carbonique et d'autres gaz) et comporte de minuscules particules en suspension comme du pollen, de l'eau et des flocons de neige, etc... Dans de nombreux cas, les activités de l'homme, dont l'exploitation minière, provoquent une modification de la composition de l'air par l'introduction de substances nuisibles aux plantes et aux animaux et éventuellement dangereuses pour la santé de l'homme. La taille des matières liquides et solides qui sont rejetées dans l'atmosphère varie de plusieurs millimètres de diamètre à moins de 0,05 micron (1 micron = 1/1000 de millimètre). Sous l'effet de la force de gravité, les particules qui dépassent 10 mm de diamètre retombent relativement vite dans les environs de leur source d'émission. Par contre, les petites particules de moins d'un micron de diamètre, appelées aérosols, peuvent rester en suspension dans l'atmosphère pendant des années et être transportées sur de longues distances (voir la figure 18). Le dépôt éventuel des petites particules sur la surface de la terre est dû aux substances gazeuses recueillies dans les gouttes de pluie, les flocons de neige et les gouttelettes nuageuses qui tombent finalement sous la forme de précipitations. On estime que ce processus est responsable du transfert et du dépôt de 86 p. cent du soufre sous forme d'aérosols de soufre et de dioxyde de soufre à l'état gazeux (Kellogg et coll., 1975). La composition des particules émises varie en fonction du type de minerai extrait et des méthodes de traitement employées, mais elle correspond étroitement aux caractéristiques du minerai extrait.

EFFETS GÉNÉRAUX DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

En ce qui concerne la pollution causée par les fonderies près de Sudbury en Ontario, Freedman et Hutchinson (1980) ont signalé que « ... en dépit de l'effet indubitable de la gravité sur la retombée des particules, jusqu'à 60 p. cent des particules rejetées dans l'atmosphère sont transportées sur une distance supérieure à 60 km. Plus de 97 p. cent des émissions

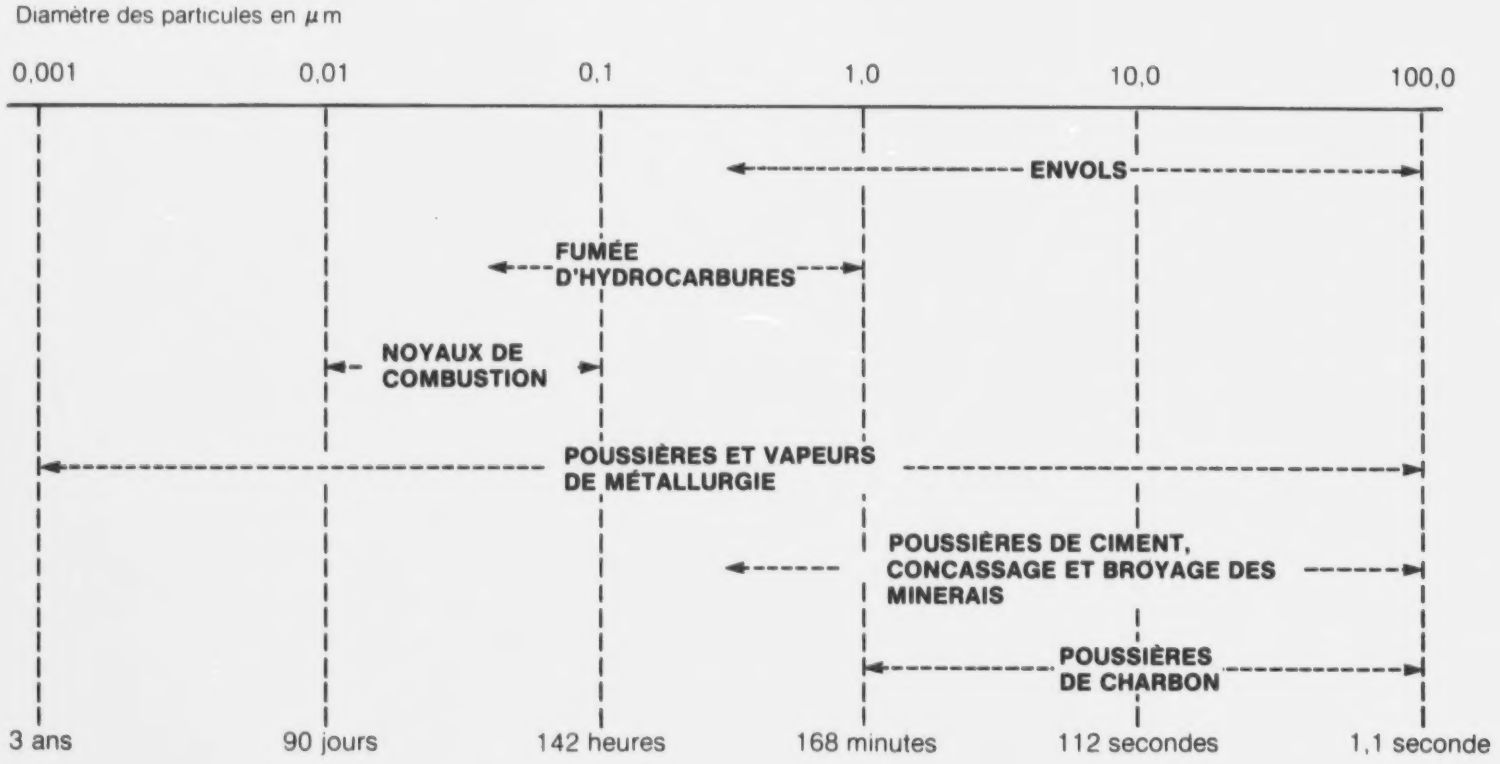


FIGURE 18. Échelle des tailles types des particules émises dans l'atmosphère et durée théorique de la retombée (selon la loi de Stokes)

Source : Ripley et coll., 1978.

de soufre sont transportées sur une distance supérieure à 60 km. »

Parmi les métaux relevés en différentes quantités dans les zones adjacentes aux fonderies et aux autres installations de traitement, mentionnons le cuivre, le fer, le mercure, le cobalt, l'arsenic, le zinc, le plomb et le nickel. Bien qu'il reste encore à prouver de façon définitive quels sont les effets à long terme des particules en suspension sur les écosystèmes et la santé de l'homme, des études isolées ont permis de déterminer que des teneurs en métaux supérieures au seuil tolérable ont des effets nocifs sur les végétaux et la santé de l'homme. Par exemple, Cannon (1960) a signalé des changements chez les plantes attribuables à la présence de métaux lourds (voir le tableau 38), tandis que d'autres études ont permis de recueillir certaines données sur la toxicité relative de divers métaux et leurs effets sur la santé de l'homme (voir le tableau 39).

Certains métaux, particulièrement le plomb (ministère de la Santé de l'Ontario, 1974 ; Conseil national de recherches, 1973 ; Rozousky, 1974), le mercure (Krenkel, 1974 ; Katz, 1972) et le cadmium (Fiberg et coll., 1975) ont déjà fait l'objet d'analyses approfondies dont les résultats ont révélé la toxicité pour les humains. En outre, un nombre considérable d'études ont été entreprises en divers endroits en vue d'évaluer la nature et la portée des dommages causés

Tableau 37
Estimation subjective de l'influence des variables atmosphériques sur la pollution à l'échelle locale, régionale et globale, dépendant si la source de pollution se trouve à la surface du sol ou en altitude

	Échelle locale		Échelle régionale	Échelle globale
Variable atmosphérique	Source à la surface du sol	Source située en altitude	Source à la surface du sol et en altitude	Source à la surface du sol et en altitude
Vent de surface	1	2	3	5
Vent en altitude	2	1	1	1
Variation du vent horizontal	3	3	1	3
Stabilité atmosphérique	1	2	4	5
Hauteur de mélange	3	3	2	3
Conditions aérodynamiques près de la source	2	3	5	5
Caractéristiques à la surface du sol	3	4	5	5
Topographie	3	2	4	5
Précipitations[a]	1	1	1	1
Température et humidité[b]	4	4	3	2

(a) influence sur les particules seulement
(b) influence sur les substances chimiques subissant une transformation seulement

Échelle
1 — importance maximale
5 — importance minimale

Source : Johnson et Ruff, 1975.

par les matières résiduelles, dans différents secteurs de l'industrie minière. Prenons pour exemples celles sur les effets sur les arbres et les sols des sels en suspension provenant de l'exploitation de la potasse en Saskatchewan (Redmann et coll., 1979), sur la détérioration de la qualité des forêts due aux émissions d'acide sulfurique de l'usine de Kimberley en Colombie-Britannique (Hocking, 1974), et les diverses études qui ont porté sur les dommages causés à la végétation par les activités minières (particulièrement au stade de la fusion) dans la région de Sudbury en Ontario (Yohhan et Gorden, 1963 ; McGovern et Balsillie, 1973). Ces études ont prouvé que les polluants atmosphériques ne se limitent pas aux environs immédiats des exploitations minières, mais qu'ils peuvent aussi se disperser sur des distances considérables en fonction des vents dominants et d'autres facteurs climatiques.

PROBLÈMES QUE PRÉSENTENT LES MINERAIS SULFURÉS

Les minerais sulfurés sont incontestablement ceux qui contribuent le plus aux émissions de polluants atmosphériques au Canada. En 1974, ce groupe représentait plus de 40 p. cent des minerais extraits, dont les deux tiers provenaient de 125 mines souterraines et à ciel ouvert (Ripley et coll., 1978). Le tableau 40 présente la composition des minerais sulfurés courants. Parmi les substances résiduelles rejetées dans l'environnement, le soufre, qui se transforme en dioxyde de soufre au cours du traitement, représente l'apport le plus important sur le plan quantitatif et en ce qui a trait à l'effet possible d'étalement. On estime que plus de 50 p. cent des émissions industrielles totales d'oxydes de soufre au Canada sont attribuables à l'industrie minière (voir tableau 41).

Tableau 38
Effets de la toxicité des métaux sur les plantes

Élément	Effet
Aluminium	Racines épaisses et courtes, insolation des feuilles, marbrures.
Bore	Feuillage foncé ; à des concentrations élevées, insolation marginale des anciennes feuilles ; entre-nœuds rabougris, déformés et raccourcis ; formes rampantes ; pubescence notables ; production accrue de galles.
Chrome	Feuilles jaunes et veinures vertes.
Cobalt	Taches blanches sur les feuilles.
Cuivre	Taches décolorées à l'extrémité des feuilles inférieures ; tiges pourpres, feuilles chlorotiques avec veinures vertes ; racines rabougries, formes stériles rampantes chez certaines espèces.
Fer	Extrémités rabougries, racines épaisses ; division cellulaire perturbée chez les algues, les cellules formées ayant une taille anormalement grande.
Manganèse	Feuilles chlorotiques, lésions à la tige et au pétiole, zones frisées et mortes en bordure des feuilles, déformation des limbes.
Molybdène	Rabougrissement, coloration jaune-orange.
Nickel	Taches blanches sur les feuilles, formes apétales stériles.
Uranium	Nombre anormal de chromosomes dans le noyau ; fruits de formes inhabituelles ; formes apétales stériles, rosettes pétiolées.
Zinc	Feuilles chlorotiques avec veinures vertes, formes rabougries de couleur blanche ; zones mortes à l'extrémité des feuilles, racines rabougries.

Source : Cannon, 1960

Les émissions de soufre des fonderies de la région de Sudbury en Ontario sont celles dont l'effet d'étalement a été le plus étudié et le plus souvent mentionné. Les effets nocifs de ces émissions sur la végétation ont été décelés sur une superficie de 5600 km² avec, au centre, un secteur de 630 kilomètres carrés plus gravement touché (Dreisinger, 1970). Dans ce secteur, environ 103 km² de sol étaient entièrement dénudés et une autre zone de 362 km² était dénudée dans une proportion de 50 p. cent (Winterhalder, 1978). Selon Winterhalder, le processus de dénudation a commencé par l'abattage

Tableau 39
Toxicité relative de divers métaux et leurs effets sur l'homme

Métal	Toxicité	Effets sur l'homme
Antimoine	Propriétés similaires à celles de l'arsenic mais beaucoup moins toxique.	L'inhalation prolongée provoque une maladie des poumons : Irritation de la peau.
Arsenic	Toxique	Plusieurs symptômes
Béryllium	Toxique. L'inhalation de ce métal à l'état de poussière ou de sels constitue le plus grave danger.	Les symptômes peuvent se manifester que 5 à 20 ans plus tard.
Cadmium	Extrêmement toxique.	Plusieurs symptômes
Chrome	À l'état de métal : non toxique À l'état d'acides ou de sels : toxique.	Ulcération et dermatites
Cobalt	Faible degré de toxicité	Irritation des voies respiratoires et dermatites
Cuivre	Pratiquement non toxique	Inconnus
Fer	À l'état pur : non toxique	Aucun
Manganèse	L'inhalation d'une forte quantité de poussière de manganèse est toxique	Troubles du système nerveux
Mercure	Toxique. L'inhalation des vapeurs ou l'ingestion sont toxiques	Troubles du système nerveux, des reins, des yeux et de la peau
Molybdène	Faible degré de toxicité	Aucun effet. Certains composés entraînent de l'irritation des voies respiratoires et des yeux
Nickel	À l'état de métal ou de sels : non toxique À l'état de nickel carbonyle : extrêmement toxique	Aucun effet Carcinogène
Plomb	Toxique. Inhalation de la vapeur ou de la poussière de plomb ; ingestion	Troubles des systèmes digestif, sanguin et nerveux
Thallium	Il possède une toxicité qui se situe entre celle du plomb et celle de l'arsenic	Il est emmagasiné par l'organisme, ce qui entraîne des symptômes d'empoisonnement chronique
Tungstène	Non toxique	Aucun effet — observé
Vanadium	Toxique	Symptômes de bronchite chronique ; lésions pulmonaires

Source : Trevethick, 1973.

des gros arbres pour en faire du bois d'œuvre, suivi de la coupe des arbres de plus petite taille destinés à être transformés en pâte et en combustible de lit de grillage. Les émissions de dioxyde de soufre au niveau du sol provenant des lits de grillage à ciel ouvert (avant la Première guerre mondiale) et les émissions ultérieures des cheminées des fonderies ont détruit le reste de la végétation de la région. Des traces moins importantes de pollution par le dioxyde de soufre et par les métaux lourds ont également été décelées sur une superficie beaucoup plus vaste. Plus de 1000 km² de sol ont été gravement perturbés par les métaux lourds et la productivité de 1460 km² de forêt risque d'être réduite par les émissions de dioxyde de soufre (Hutchinson et Whitby, 1974). Des recherches récentes (Freedman et Hutchinson, 1980) ont révélé que, malgré une diminution de la pollution par le soufre dans la région de Sudbury qui a permis une régénération partielle de la végétation, les précipitations acides dans la région présentent toujours un grave problème. Les teneurs élevées en nickel et en cuivre relevées dans un rayon de 30 km autour de la cheminée géante de 380 mètres à Copperclift ont suffi à arrêter la croissance des racines et l'implantation des semis de nombreuses espèces.

Le dioxyde de soufre produit par l'usine de frittage du minerai de fer à Wawa, en Ontario, a également eu un effet préjudiciable sur la productivité d'une forêt de 108 000 hectares (Rabbitts et coll., 1971). Au cours de l'étude effectuée dans la région par Gordon et Graham en 1963, des dommages visibles ont été notés dans un rayon de 30 km autour du site et, dans le sens du vent, la détérioration était considérable, allant jusqu'à 20 km de distance. Treize ans plus tard, une étude par imagerie LANDSAT a permis de confirmer que les zones délimitées au début des études étaient encore perturbées (Murtha, 1974). Au Canada, environ 45 p. cent des émissions totales de soufre proviennent des secteurs où est effectué le smeltage des métaux non ferreux de l'industrie minière (Environnement Canada, 1979*a*). Les effets des émissions de soufre sur les zones éloignées du site, et dont il vient d'être question, constituent un exemple d'effet d'étalement à son plus haut degré. Les usines de Sudbury sont la plus grande source de dioxyde de soufre au monde (Summers et Whelpdale, 1976) et comptent pour au moins 20 p. cent des émissions de soufre pour l'ensemble du Canada (Altshuller et McBean, 1979).

Dans l'ensemble, les effets des émissions de dioxyde de soufre ont fait l'objet de préoccupations croissantes au cours des dernières années. La nature du problème a été jugée suffisamment grave pour qu'on décide de créer, en 1978, le Groupe consultatif de recherches États-Unis-Canada sur le transport à grande distance des polluants atmosphériques (TGDPA) afin de faciliter la coordination des études de recherches et d'échanger des informations scientifiques au sujet du transport à grande distance des polluants atmosphériques et des problèmes connexes relatifs aux précipitations acides (Altshuller et McBean, 1979). L'étude de cas donnée ci-après a été tirée du rapport initial du Groupe consultatif de recherches États-Unis-Canada et présente une analyse des effets d'accumulation et d'étalement des précipitations acides en Amérique du Nord.

Tableau 40
Composition des minerais sulfurés courants

Métal	Minéral métallifère	Pourcentage des éléments					
		Cu	Ni	Pb	Zn	Fe	S
Cuivre	Chalcopyrite	35				30	35
Cuivre	Chalcocite	80					20
Nickel	Pentlandite		41			39	20
Plomb	Galène			87			13
Zinc	Sphalérite				67		33
Fer	Pyrrhotine					62	38
Fer	Pyrite					47	53
Moyenne pondérée[1]		9	3	6	18	28	36

1 Basée sur le pourcentage

Source : Ripley et coll., 1978

Étude de cas : le transport à grande distance des polluants atmosphériques

Dans son rapport préliminaire (Altshuller et McBean, 1979), le Groupe consultatif de recherches sur le transport à grande distance des polluants atmosphériques (TGDPA) a établi que les précipitations acides constituaient un problème très grave, les émissions de dioxyde de soufre comptant pour environ les deux tiers de l'acidité présente dans les précipitations, et les oxydes d'azote pour l'autre tiers. En outre, le déplacement transfrontalier des composés du soufre entre les États-Unis et le Canada contribue à aggraver la situation. Il a été estimé qu'il vient environ trois à quatre fois plus de soufre des États-Unis vers le Canada qu'il en va du Canada vers les États-Unis. De plus, le Groupe consultatif a

constaté que les fonderies constituent la principale source d'émissions de soufre au Canada, tandis qu'aux États-Unis, la majeure partie des rejets de soufre est due à la production d'électricité par les centrales thermiques. On prévoit que les émissions de dioxyde de soufre augmenteront à un taux modéré tandis que celles d'oxyde d'azote subiront des hausses marquées en raison des émissions accrues en provenance des centrales thermiques et autres sources de combustion. L'extrapolation des tendances actuelles de pollution semble confirmer qu'à l'avenir l'acide nitrique contribuera, dans une grande mesure, à l'acidification aux États-Unis. Des quantités considérables de ce polluant seront transportées et se déposeront au Canada.

Bien que le rapport ait signalé que le taux de transport à grande distance des polluants résiduels est inférieur aux seuils à partir desquels ils perturbent l'écosystème de façon immédiate et marquée, les effets synergétiques associés à l'accumulation à long terme des polluants, ou la « charge polluante » de ces matières combinées, constituent les principaux facteurs contribuant à la dégradation accrue de l'environnement. Malheureusement, ce n'est que récemment que le problème de l'accumulation et de ses effets sur les autres ressources terrestres a fait l'objet d'études à l'échelle internationale et, actuellement, les répercussions à long terme de la charge polluante cumulative sur les caractéristiques de l'écosystème sont très peu connues.

Les preuves sont là : les précipitations acides contribuent de façon considérable et générale à la détérioration de la salubrité des écosystèmes de la biosphère et elles nuisent également au bien-être de l'homme. Les observations ci-après, tirées du rapport préliminaire, permettent de constater à quel point le problème de l'acidification peut devenir sérieux et combien il s'étend de plus en plus.

- On a remarqué une réduction du taux de succès du frai du saumon atlantique en raison de l'acidification des cours d'eau au Québec et en Nouvelle-Écosse.

- Au cours d'une période de 10 ans au plus, la capacité de neutralisation des lacs dans la région Haliburton-Muskoka de la partie centre-sud de l'Ontario a diminué dans une proportion de 40 à 75 p. cent.

- Au cours d'études des lacs de l'Ontario, des données font état de baisses successives enregistrées dans le secteur de la pêche sportive. D'après des études similaires effectuées dans les Adirondacks (état de New York), les chercheurs estiment que l'acidification de nombreux lacs a entraîné une perte de revenus annuelle de 1 000 000 $ dans le secteur touristique.

- Actuellement, 140 lacs de la région de Sudbury en Ontario ont été acidifiés et des milliers de lacs de l'est du pays en présentent également les premiers symptômes.

Tableau 41
Émissions de matières polluantes dans l'atmosphère par diverses industries au Canada, en 1974

Émissions	Exploitation minière totale annuelle	Pourcentage des émissions totales de polluants par l'ensemble des industries					
		Mines	Autres industries	Transport	Installations fixes de combustion de carburant	Incinération des déchets solides	Divers
	(en milliers de tonnes)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Particules	1 209	50,7	10,2	3,4	14,2	1,4	20,1
Oxydes de soufre	3 473	56,3	18,9	1,5	23,3	—	—
Oxydes d'azote	1,972	0,9	6,9	63,9	24,2	0,3	3,8
Hydrocarbures	3,542	0,1	5,8	52,8	5,9	1,2	34,2
Oxyde de carbone	518,5	3,4	5,2	70,5	1,1	2,3	17,5

Source : Environnement Canada, 1979

Ravages causés par le dioxyde de soufre dans la région de Sudbury (Ont.)
Photographie : Stan Sudol, fournie par : photothèque de l'ONF

Système de dépoussiérage pour lutter contre la pollution
Photographie : Richard Pierre, fournie par : photothèque de l'ONF

- L'extinction d'une espèce rare, à savoir la truite Aurora d'eau douce, a été constatée en Ontario en raison de la baisse du pH dans son habitat.

- Des teneurs élevées en aluminium, manganèse, zinc, cadmium, plomb, cuivre et nickel ont souvent été observées dans les lacs acidifiés. En général, les effets physiologiques de ces teneurs sur les poissons et crustacés et autres organismes aquatiques restent inconnus.

- Il a été démontré qu'une acidité excessive nuit à la germination des graines de conifères et des feuillus.

- Dans le nord-est des États-Unis, une baisse de la croissance des forêts a été observée ; on ne peut toutefois attribuer totalement cette baisse aux effets de l'acidification, pour le moment du moins. Cependant, des dépôts acides identiques à ceux relevés en Amérique du Nord ont été observés de façon systématique en Scandinavie et il a été établi qu'ils entraînent une dégradation environnementale considérable des forêts. Il est évident qu'une réduction de la productivité des forêts aurait, à long terme, de graves répercussions sur l'économie canadienne.

Au lieu d'attendre d'avoir recueilli des preuves irréfutables pour prendre les mesures correctives nécessaires, ce rapport propose de trouver, le plus tôt possible, des moyens de ralentir le taux de dégradation avant que la situation ne devienne irréversible.

- Un certain nombre d'expériences isolées, effectuées sur différentes cultures agricoles, a permis de confirmer que les précipitations acides réduisent le rendement des récoltes. Ces conclusions ont incité l'Environmental Protection Agency étatsunienne à procéder à une vérification détaillée de presque toutes les cultures de plein champ en vue de déterminer leur vulnérabilité à des conditions d'acidification simulée.

- L'intensité des émissions de soufre actuellement transporté sur de longues distances n'est que légèrement inférieure aux teneurs susceptibles d'entraîner une détérioration notable de la qualité du sol.

Source : Altschuller et McBean, 1979.

À la lumière des preuves récentes, l'étalement des polluants atmosphériques à l'échelle globale présente une telle gravité, sans cesse croissante, qu'il suscite non seulement des préoccupations, mais qu'il justifie des mesures concertées malgré la nature limitée des connaissances actuelles sur ses causes et ses effets. Les effets cumulatifs des polluants en suspension dans l'air sur les écosystèmes aquatiques et terrestres peuvent se traduire par des répercussions considérables à long terme sur la viabilité future des ressources halieutiques, de la terre et des activités connexes, comme l'agriculture, la foresterie, la faune et les loisirs. Une baisse de la productivité dans ces secteurs pourrait se produire, sans compter d'autres pertes économiques incalculables.

POLLUTION DE L'EAU

Mécanismes de dispersion

La propagation des résidus miniers dans l'hydrosphère constitue un phénomène beaucoup plus complexe que celui des résidus dans l'atmosphère. La propagation s'effectue par gravité, c'est-à-dire que toute l'eau et les substances qui l'accompagnent sont obligatoirement rassemblées en un point le plus bas possible. Ce processus est interrompu temporairement par l'évaporation, au cours de laquelle l'eau qui s'est transformée en vapeur d'eau est débarrassée de ses polluants. Au fur et à mesure que la vapeur d'eau est dispersée dans l'atmosphère, elle refroidit, reprend son état liquide et, finalement, retombe à la surface de la terre sous forme de pluie ou de neige. Au cours de sa transformation à l'état liquide, l'eau se charge à nouveau d'impuretés qui se mêlent à celles de la surface de la terre au premier contact avec le sol. Ces processus font partie du cycle hydrologique (voir la figure 19).

L'écoulement massique, dont le déplacement est similaire à l'écoulement d'un cours d'eau, ainsi que la diffusion sont responsables de la propagation des résidus dans l'hydrosphère. Même les eaux qui semblent stagnantes subissent des courants et des mouvements turbulents provoqués par l'entrée et la sortie d'eau. Ces phénomènes, ainsi que les vagues entraînées par l'interaction entre l'atmosphère et l'eau, favorisent un mélange continu de l'eau et de ses matières dissoutes et en suspension. Comme dans l'atmosphère, le transport des matières plus lourdes dans l'eau est limité par les forces gravitationnelles, c'est-à-dire que ces substances ont

tendance à se déposer plus près de leur point d'origine. Par contraste, les matières dissoutes et les particules colloïdales de plus petite taille, qui sont en suspension, s'étalent plus facilement et sont susceptibles d'être transportées sur des distances considérables, ce qui risque d'influer sur la qualité de l'eau à l'échelle régionale.

Contrairement à l'atmosphère dont la composition est relativement homogène, les eaux naturelles de surface présentent des variations marquées sur le plan de leur teneur en matières dissoutes et en suspension. Des études effectuées aux États-Unis ont permis de constater que des matières solides dissoutes peuvent être présentes dans les eaux de surface dans une proportion variant depuis les microgrammes (parties par milliard) jusqu'à une valeur excédant 900 milligrammes par litre (Durum, 1971). L'hydrosphère se distingue encore plus de l'atmosphère par le fait qu'elle assure un milieu vital à d'innombrables formes de vie qui deviennent immédiatement sujettes à la toxicité des polluants rejetés dans les eaux de surface.

UTILISATION ET POLLUTION DE L'EAU AU COURS DE L'EXPLOITATION MINIÈRE

L'industrie minière utilise des quantités considérables d'eau (voir la figure 20). À toutes les étapes de l'exploitation il est possible que de l'eau polluée soit rejetée dans l'environnement. L'extraction des minéraux à l'aide d'infusion d'eau sous pression est désignée sous le nom d'abattage hydraulique. Actuellement, cette technique est pratiquée dans une mine de charbon souterraine au Canada. Elle a également été utilisée pour éliminer les morts-terrains inutiles au cours de la récupération des agrégats d'or et de minéraux mais, malheureusement, les substances sédimentaires restantes risquent de provoquer un envasement considérable des cours d'eau locaux selon la méthode d'élimination utilisée. L'eau sert également à supprimer la poussière (pour l'hygiène des travailleurs), et refroidir les tiges de forage, et elle est utilisée comme eau de lavage dans les mines.

C'est à l'étape de l'enrichissement que l'on utilise le plus d'eau. Selon les estimations de Down et

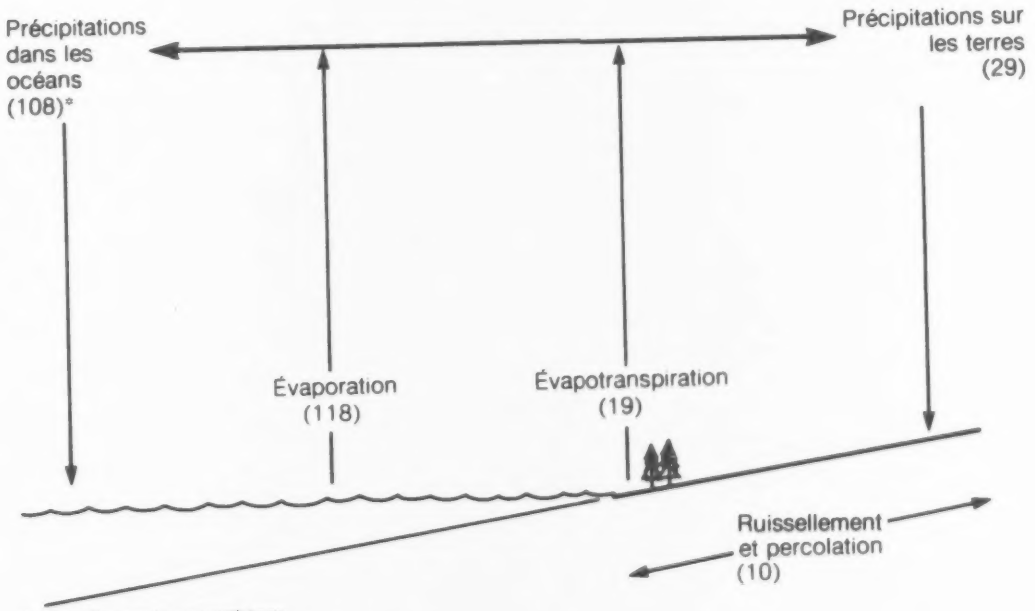


FIGURE 19. Schéma général du cycle hydrologique mondial

Source : Lvovitch, 1972

Stocks (1977), les procédés d'enrichissement de l'industrie minière utilisent 79 p. cent de toute l'eau nécessaire à l'exploitation minière. Des exemples d'utilisation de l'eau en des sites miniers choisis font l'objet du tableau 42. Étant donné que l'eau de traitement est en contact avec le minerai brut au cours de l'étape de l'enrichissement, le risque de contamination chimique et physique est relativement élevé. Au moment du rejet, l'eau de fabrication contient généralement de petites concentrations de réactifs, de résidus de matières premières et d'autres débris de minéraux ainsi que des éléments chimiques dissous. Selon les méthodes d'élimination, ces résidus peuvent être rejetés totalement ou partiellement dans l'environnement.

L'eau est couramment utilisée pour le transport des minerais bruts vers l'usine de traitement, pour le transport des minerais au cours de l'étape d'enrichissement et pour l'élimination des résidus. Pour les déplacements sur de courtes distances, il est possible d'installer un système de transport partiellement ou totalement fermé en vue d'éviter le rejet des eaux résiduelles contaminées dans l'environnement. Cependant, lorsqu'il s'agit de grandes distances, les coûts en capital pour construire un système entièrement fermé risquent d'être beaucoup trop élevés. Par conséquent, des quantités considérables d'eaux résiduelles peuvent être déversées dans le milieu, ce qui risque de polluer à la fois les eaux souterraines et celles de surface.

L'eau industrielle est principalement utilisée pour le refroidissement de l'équipement (roulements, pompes, compresseurs, etc.), la lubrification, le conditionnement de l'air et le dépoussiérage. Bien que la quantité d'eau utilisée soit relativement négligeable, sa température au moment du rejet risque d'être suffisamment élevée pour nuire à la vie aquatique.

La pollution de l'eau dans les activités minières résulte surtout des eaux de drainage, des eaux industrielles et des eaux résiduelles rejetées au cours des traitements hydro- et électro-métallurgiques.

POLLUTION DE L'EAU AU COURS DE L'ÉTAPE DE L'EXTRACTION

Au cours de l'exploitation souterraine, les substances exposées dans les mines sont soumises à l'oxydation, ce qui entraîne la production d'acides qui polluent l'eau. L'exposition des sulfures à l'air et à l'eau, qui provoque une réaction chimique entraînant la formation d'acide sulfurique, constitue le cas le plus courant. Les problèmes causés par les eaux d'exhaure sont essentiellement de nature chimique et

Eaux d'exhaure polluées, Sudbury (Ont.)
Photographie : Kryn Taconis, fournie par : photothèque de l'ONF

extrêmement complexes ; ils sont dus à l'extraction des minéraux sulfurés. De nombreuses réactions peuvent se produire selon les conditions environnementales existant dans la mine et la nature des autres minéraux présents. Les eaux d'exhaure ne constituent pas un problème dans toutes les mines. Au Canada, le problème existe surtout dans les mines où l'on extrait des minerais métallifères sulfurifères (par exemple : la pyrite, la pyrrhotine, la chalcopyrite, la sphalerite, la marcassite, l'arsénopyrite, etc.) ou dans les charbonnages des provinces maritimes. L'eau provenant de sources extérieures accroît la pollution acide. Outre le suintement des cours d'eau naturels qui constituent la plus grande partie de l'apport extérieur, l'eau (habituellement dans une proportion d'un tiers en poids) peut servir à transporter les résidus miniers sous terre pour le remblayage, le traitement et l'entretien. En moyenne, les eaux d'exhaure se composent d'eau provenant des cours d'eau naturels dans une proportion de 51

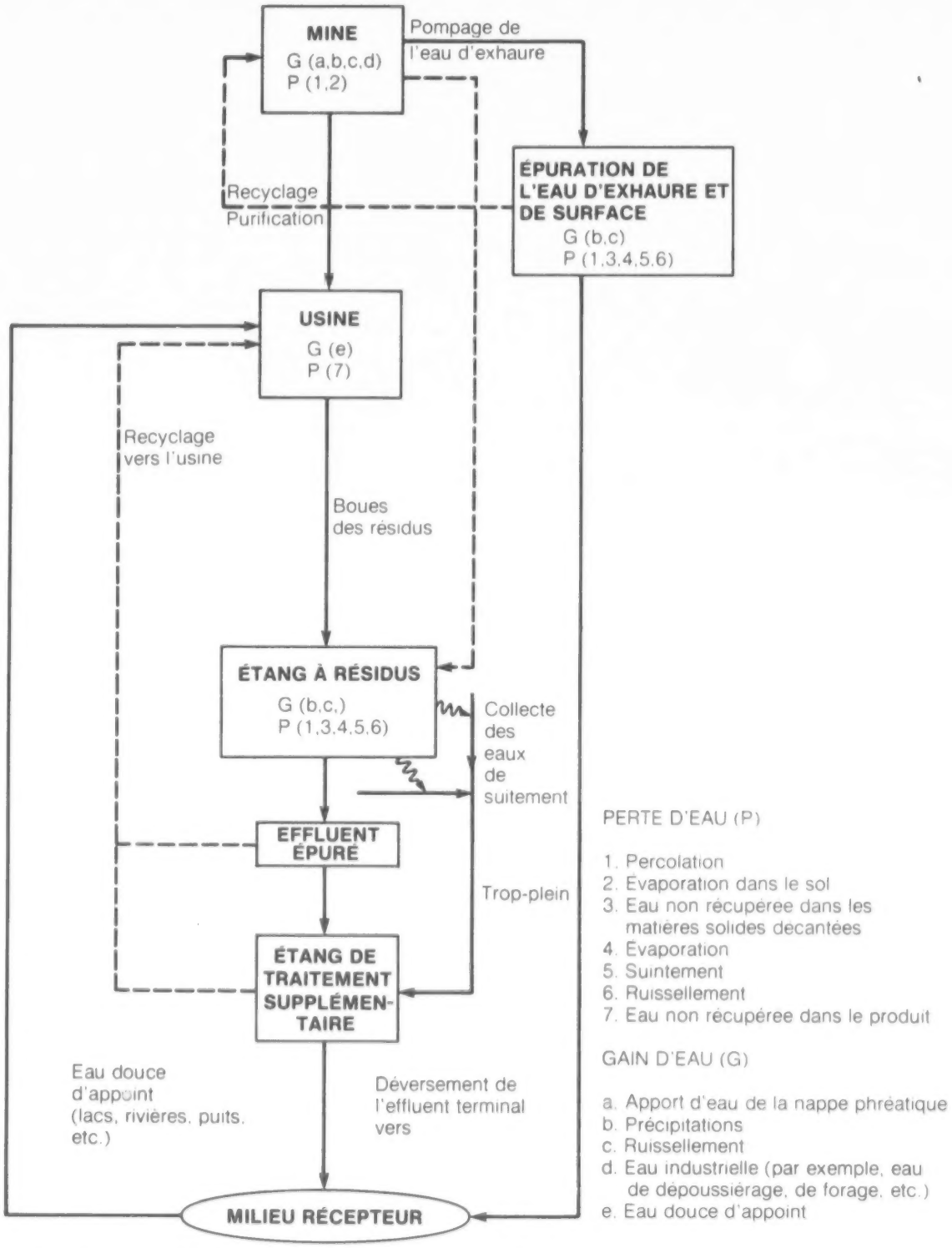


FIGURE 20. Schéma général de l'utilisation de l'eau dans une mine de minéraux métallifères

Tiré de Scott et Bragg, 1975 ; Hawley, 1977 ; et Down et Stocks, 1977.

p. cent, d'eau utilisée lors du remblayage dans une proportion de 14 p. cent (le cas échéant), d'eau d'entretien et de traitement dans une portion de 34 p. cent et pour le reste (1 p. cent) d'eau de sources non identifiées (Scott et Bragg, 1975*b*).

Étant donné que le débit d'eau total moyen dans une mine souterraine est évalué à 1000 l par minute, il faut constamment pomper l'eau pour assurer une exploitation continue. Il s'agit d'un débit moyen pour l'industrie et cette valeur peut varier considérablement d'une mine à l'autre et à la longue. À la suite du pompage, l'eau d'exhaure, qui contient fréquemment des teneurs considérables en minéraux dissous extrêmement toxiques, est retenue à la surface avant d'être évacuée et recyclée. Les zones de retenue peuvent se présenter sous diverses formes, depuis les petits étangs ayant une capacité de quelques tonnes par jour jusqu'aux grands barrages à résidus d'une superficie de plusieurs kilomètres carrés pouvant recevoir des boues à raison de milliers de tonnes par jour. On utilise généralement une méthode séquentielle pour la purification de l'eau, c'est-à-dire qu'on emploie d'abord un ou plusieurs étangs afin de permettre la décantation des matières solides

Tableau 42
Quantité d'eau utilisée dans des sites d'exploitation minière choisis

Capacité de la mine	(tonnes/d)	Minerai extrait	Tonnes/d traitées	Précipitations (pouces)	Quantité d'eau utilisée au cours du traitement		Pourcentage réutilisé (eau recyclée)
					gallons/d (1000 t/d)	gallons/an (millions)	
				Climat sec			
élevée	72 000	Cu, Mo	25 000	10-15	14 400 000	5 040,0	83
élevée	19 000	Cu	6 500	15-20	2 152 800	753,4	80
peu élevée	750	Cu, Ag, Au	500	15	475 000	166,3	94
				Climat modéré			
elevée	48 000	Cu, Mo	24 000	20	16 930 000	5 927,0	87
élevée	18 000	Charbon	12 900	41	11 330 000	3 965,9	100
peu élevée	1 700	Pb, Zn	700	30	282 000	98,7	0
peu élevée	600	Mo	600	29	142 000	49,8	0
				Climat humide			
élevée	13 000	Fe	6 500	120	1 300 000	458,6	0
élevée	3 000	Cu	3 000	60	2 720 000	952,5	0
peu élevée	1 400	Ag, Pb, Zn	1 000	60-100	750 000	262,0	0
peu élevée	800	Cu, Fe	800	60-100	126 000	44,5	0
peu élevée	250	Mo	215	90-110	92 000	32,5	0

*Selon une année d'exploitation de 350 jours.

Source : Mining Association of British Columbia, 1972

Tableau 43

Quelques précisions concernant les effets de la pollution due aux mines sur les écosystèmes aquatiques du Canada

Emplacement	Source de la pollution	Effets d'ordre chimique	Effets d'ordre biologique
Nouveau-Brunswick Sud de la rivière Tomogonops et nord-ouest de la rivière Miramichi	Heath Steele	Métaux lourds, dureté accrue, acidification	Réduction de *Salmo salar* depuis 1965 ; diminution de la diversité et de l'abondance du benthos
Rivière Nepisiguit	Brunswick 6	Métaux lourds	La population de *Salmo salar* est presque entièrement disparue
Ontario Bassin de la rivière Crowe	Mines de la région de Bancroft	MSDT, $SO_4^{=}$ et dureté accrue de l'ordre de 8-10x[4] dans le lac Barrow	Seule le biote aquatique dans les environs immédiats de la zone de décantation des résidus est affecté
Bassin de la rivière Serpent	Mines de la région d'Elliot Lake	Acidification, teneurs élevées en MSDT, $SO_4^{=}$, NO_3^{-} et Ca^{++}. Les lacs Quirke et Pecors ont été les plus perturbés ; les effets biologiques sont principalement dus à l'acidité	Réduction de la productivité, modification des communautés de phytoplancton et de zooplancton ; élimination de *Stizostedion vitreum* et réduction de *Salvelinus namaycush*. Réduction de la diversité du benthos
Lacs du Mont LaCloche	Fonderies de Sudbury	Acidité accrue en raison des retombées atmosphériques	Élimination de certaines populations de poissons
Région du lac Manitouwadge	Mines Noranda et Willroy	Acidification, teneurs toxiques en NH_3, zinc, cuivre et fer ; teneurs élevées en MSDT, particulièrement dans le cas du SO_4 ; à plus de 20 pieds de profondeur, le lac est devenu méromictique et a été soumis à une désoxygénation	Élimination totale des macro-invertébrés du lac Mose ; réduction du benthos dans tous les lacs
Manitoba Lac Bernic	Tantalum Mining Co.	Légère augmentation du taux de turbidité, des MSDT et des matières solides en suspension	Réduction de l'abondance et de la diversité du benthos
Lacs Borden, Clarke et Lily	Mannibridge	Aucun effet	Aucun effet
Rivière Grass	INCO, Thompson	Augmentation de la turbidité, de la dureté, des MSDT, et des teneurs en cuivre et en chlorures	Réduction du benthos et élimination, dans une petite zone, des éphéméroptères.
Lacs Ospwagane	INCO, Thompson	Déversement des morts-terrains dans le lac Ospwagane supérieur ; la plupart des paramètres dans le lac Ospwagan inférieur étaient à la hausse	Réduction considérable des amphipodes et des éphéméroptères en 1968, mais reconstitution en 1969
Lac Schist	Mines Flin Flon	Augmentation du taux de turbidité, de l'envasement et des teneurs en CO_2 et en métaux ; étalement de la pollution dans le lac Athapapuskow	Benthos peu dense, composé entièrement de chironomidés ; aucun *Stizostedion vitreum* ni *Salvelinus namaycush* n'a été relevé dans la zone perturbée. La pêche est moins bonne
Lacs Cokeram et rivière Eldon	Lynn Lake	Envasement ; teneurs toxiques en métaux lourds, particulièrement du cadmium	Réduction des populations de poissons et du benthos ; absence de poissons et de benthos dans la zone recevant les eaux de drainage
Colombie-Britannique Rivière Pend d'Oreille	Reeves MacDonald	Augmentation de la turbidité et de l'envasement	Réduction notable du benthos, réduction des plantes aquatiques, ce qui indique une diminution de la productivité primaire
Lac Benson	Coast Copper	Augmentation de la turbidité ; le lac est devenu méromictique	Absence de benthos ; la population de poissons semble avoir diminué

Source : Clarke, 1974

retenues. L'effluent subit ensuite un traitement supplémentaire en vue de neutraliser les acides et d'éliminer les métaux lourds et les déchets radioactifs.

Pendant la période de retenue, le volume de l'effluent diminue par suintement, percolation, ruissellement et évaporation. Les effets de ces pertes d'eau sur l'environnement varient, dans une grande mesure, selon l'emplacement de la mine dans les limites d'un bassin versant donné. La nature des matières rejetées peut également avoir un effet marqué sur l'environnement. Les particules en suspension les plus lourdes retomberont, sous l'effet de la gravité, assez près du point de déversement. Cependant, les métaux dissous peuvent être transportés sur des distances beaucoup plus grandes, ce qui risque d'influer sur la qualité de l'eau à l'échelle régionale.

Le tableau 43 donne les effets de la pollution des écosystèmes aquatiques au Canada qu'entraîne l'exploitation minière. Les données de ce tableau ainsi que celles du tableau 44 permettent de constater les effets préjudiciables des eaux d'exhaure acides, les valeurs réduites du pH qui entraînent la destruction des organismes aquatiques et les niveaux

Tableau 44
Résultats types obtenus lors du dosage d'eaux acides, au Canada

Paramètre*	Cu - Pb - Zn (Drainage des mines et de surface)	Cu -Pb -Zn (Eau d'exhaure)	Uranium (Suinte-ment)	Cu - Zn (Mines en cours d'exploi-tation)	Métaux non précieux (mine abandonnée)	Uranium (Mine aban-donnée)
pH	4,0	2,0	2,0	3,0	2,6	2,0 – 2,8
Solides en suspension	8,8	690	Nil	–	–	25
Total moins les matières solides	79	24 000	–	–	9 200	13 440
Dureté	293	2 960	–	–	1 390	
Ca	–	–	416	–	454	–
Mg	–	–	106	–	178	–
Cu	17	11	3,6	0,0	2,5	2,2
Zn	118	1 090	11,4	0,4	34	9,4
Pb	0,4	58	0,7	0,11	0,5	–
Fe (total)	79	1 830	3 200	11,7	1 300	300
Mn	21	0	5,6	0,4	8,2	3,6
SO_4	36	16 560	7 440	885	4 050	6 900
DCO	–	245	270	–	110	–

*en mg/l, à l'exception du pH

Source : Scott et Bragg, 1975

accrus d'acidité, de fer sulfaté et de matières solides totales.

Comme dans le cas des mines souterraines, l'exploitation en surface (exploitation à ciel ouvert par gradins et exploitation à ciel ouvert en découverte) provoque également des effets préjudiciables. Alors que le débit moyen d'eau entrant dans une mine souterraine est d'environ 1000 l par minute, celui des exploitations à ciel ouvert par gradins est de 13 800 l par minute, et 48 p. cent d'entre eux proviennent des cours d'eau naturels, 9 p. cent des eaux industrielles et de traitement et 13 p. cent d'autres sources (Ripley et coll., 1978). La figure 21 présente l'acheminement type des substances dans les mines à ciel ouvert et souterraines. Il est évident que les quantités considérables d'eau nécessaires aux exploitations en surface augmentent les risques de propagation des eaux résiduaires dans le milieu naturel. Le problème

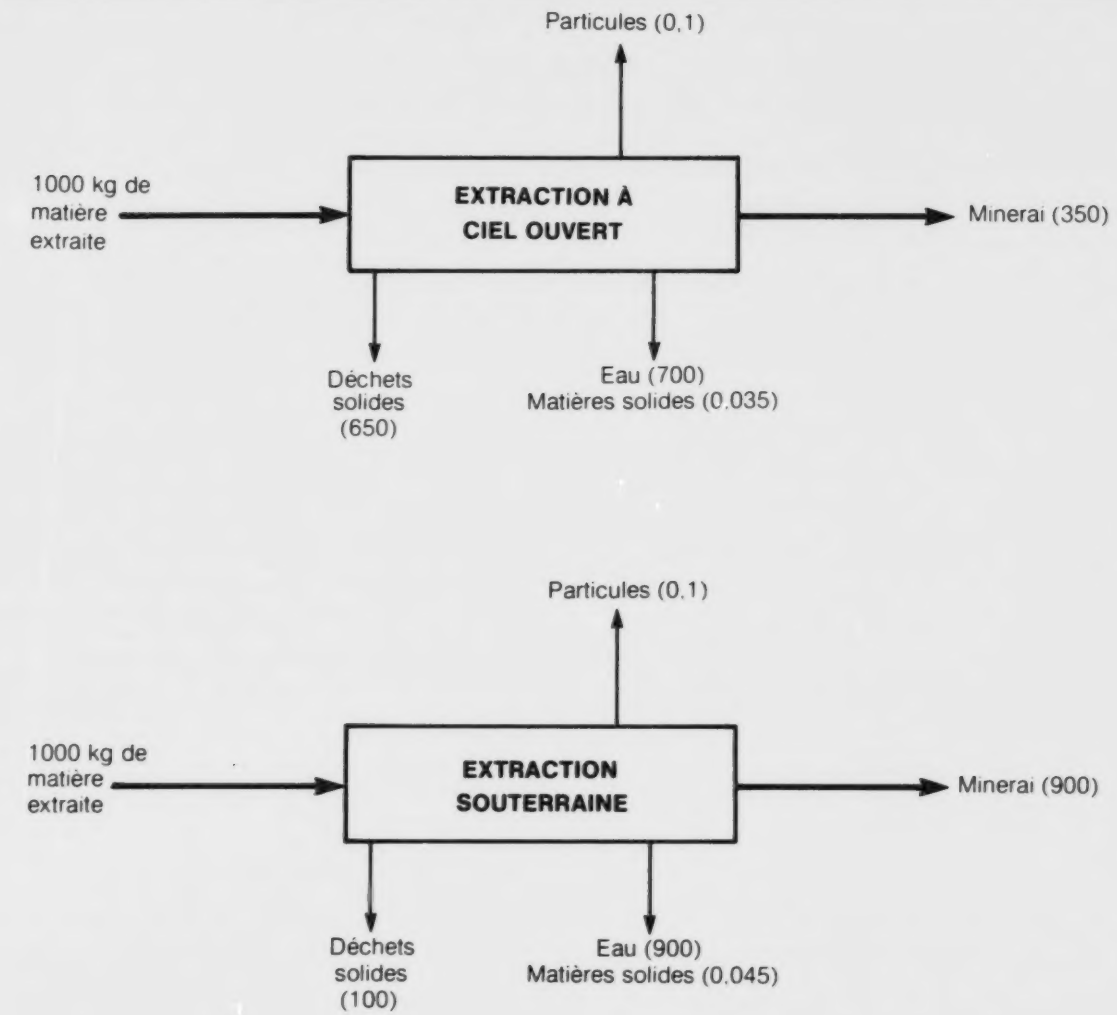


FIGURE 21. Schéma des substances types des mines souterraines et à ciel ouvert (mesurées en kilogrammes par mille kilogrammes de matières extraites)

Source : Ripley et coll., 1978

est aggravé par les phénomènes de ruissellement, de lessivage et de percolation auxquels sont soumis les résidus présents dans les déchets solides qui sont produits en beaucoup plus grande quantité à la surface que dans les exploitations souterraines. Par exemple, la portée des effets qu'entraîne une nouvelle exploitation à ciel ouvert en découverte de grande envergure sur les eaux souterraines, le ruissellement de surface et la sédimentation, a été établie par les résultats d'une étude de la Commission mixte internationale sur la qualité de l'eau de la rivière Poplar (1979) présentés ci-après.

Étude de cas : Qualité de l'eau de la rivière Poplar (Saskatchewan)

La nouvelle mine à ciel ouvert en découverte dans la région de Cornach dans le sud-est de la Saskatchewan perturbera un total de 41,8 km² sur les deux rives du Grand Creek, ce qui touchera huit bassins versants distincts dont la superficie varie de 2,9 à 29 km², au cours de la durée de 35 ans du projet. La couche de lignite exploitée est une couche aquifère et des couches aquifères supplémentaires existent dans les morts-terrains. Pour surmonter ce problème, on prévoit diminuer la quantité d'eau souterraine à l'aide de puits pompés périmétriques en vue d'éviter que l'eau ne s'écoule dans les tranchées. Environ 11 300 m³ d'eau par jour seront éliminés de la nappe phréatique et évacués dans le réseau des eaux de surface. On estime que le volume d'eau pompé diminuera au cours des années en raison de la stabilisation du cône de dépression de la nappe phréatique.

Le suintement souterrain, les précipitations directes et le ruissellement des matériaux excavés abandonnés dans les zones adjacentes et qui s'accumulent sous la forme d'eaux d'exhaure seront pompés, au besoin, dans les puisards jusqu'à une zone de retenue, avant d'être évacués dans le bassin versant local. Il est prévu que les précipitations annuelles qui seront retenues dans chaque puits excavé atteindront environ 373 mm, dont environ 20 p. cent demeureront dans les puisards, ce qui constitue un volume annuel de 74 600 m³. En moyenne, on estime qu'un volume d'eau de 598 000 m³ est soumis au phénomène de suintement, ce qui entraîne un rejet annuel combiné dans le réseau d'eau superficielle d'environ 672 000 m³. Jusqu'à présent, les données concernant la qualité de l'eau restent imprécises.

Après l'exploitation, le ruissellement provenant de la surface restaurée subira une augmentation marquée. On a estimé qu'il quadruplerait par rapport au ruissellement existant avant l'exploitation. On pense que cet accroissement sera sujet à un taux linéaire de dégradation, ce qui permettra de revenir aux taux antérieurs à l'exploitation au cours de la septième année suivant le début du processus de restauration. On estime que le ruissellement annuel de la superficie totale de la mine atteindra une valeur maximale d'environ 1 900 000 m³ en 1990, à savoir une augmentation de près de 35 p. cent par rapport aux volumes de ruissellement annuels avant l'exploitation.

Il est également prévu que la sédimentation augmentera de façon notable sur les surfaces restaurées après l'exploitation. Un multiplicateur équivalant à dix fois le taux antérieur à l'exploitation a été utilisé pour évaluer le taux de sédimentation après l'exploitation. On prévoit que cet accroissement sera sujet à un taux de diminution quasi-linéaire, ce qui permettra de revenir aux taux antérieurs au cours de la septième année suivant le début de la restauration.

On estime que le taux de sédimentation annuel de la superficie totale de la mine atteindra une valeur maximale d'environ 5720 m³ en l'an 2014, soit une augmentation de 39 p. cent par rapport aux taux de sédimentation annuels antérieurs à l'exploitation. Cependant, les véritables taux de sédimentation risquent d'être considérablement plus élevés que les valeurs estimées.

Étant donné que les données et les connaissances sont insuffisantes pour pouvoir prévoir avec précision les effets à long terme de l'augmentation du ruissellement et de la sédimentation superficielle, on prévoit que les eaux d'exhaure et le ruissellement de surface devront être surveillés et, au besoin, retenus ou soumis à un traitement afin de respecter les normes provinciales de qualité de l'eau.

Source : Commission mixte internationale, 1979.

Les effets toxiques des métaux résiduels provenant de l'exploitation minière varient considérablement selon l'organisme vivant contaminé. Les métaux résiduels sont décelables à toutes les étapes d'exploitation de la mine. D'après les études comparatives effectuées en vue de déterminer le taux relatif de toxicité des métaux lourds chez les algues (Hutchinson, 1973), l'argent est le métal le plus toxique étant donné qu'il suffit de 0,005 p.p.m. pour nuire à la croissance des chlorelles (algues vertes communes). Le cadmium, le cuivre et le mercure présentaient également des taux de toxicité très élevés, tandis que ceux du sélénium et du nickel étaient plus faibles. Parmi les éléments étudiés, le cobalt, le baryum et le plomb étaient les moins toxiques. Selon la teneur en

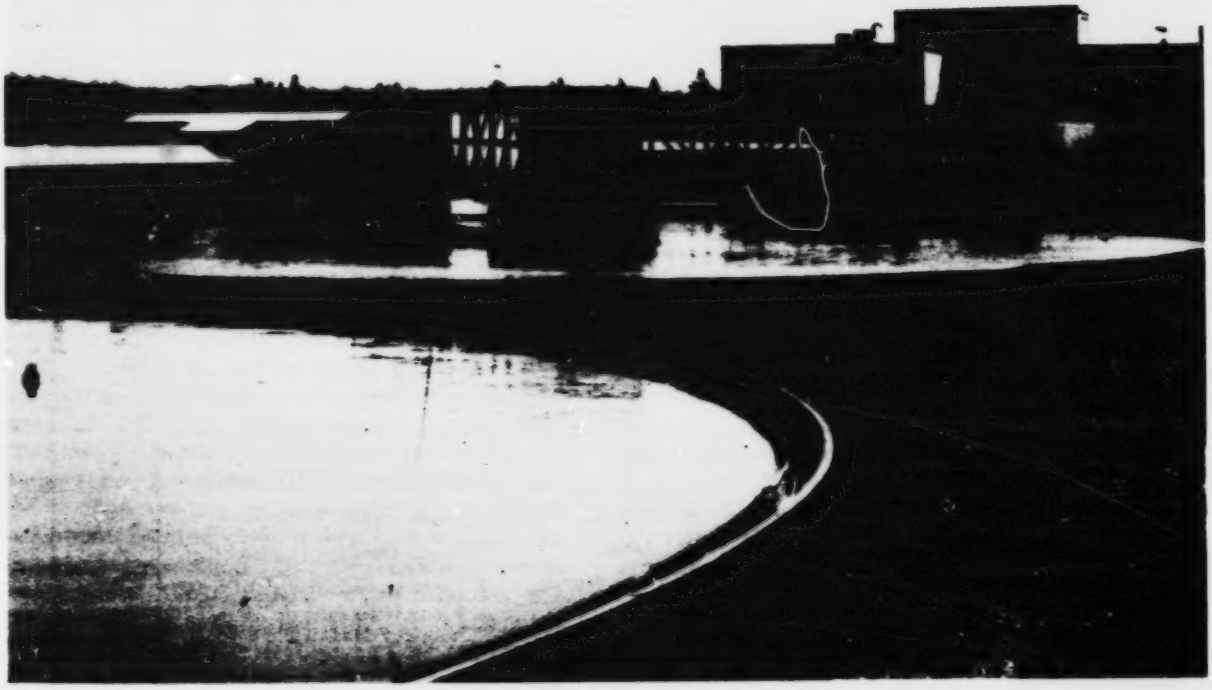
métal en jeu, il y avait soit un retardement graduel de la croissance des algues, soit une réduction marquée d'une valeur supérieure à un seuil déterminé. Le tableau 45 présente le classement de certains éléments chimiques en fonction de leur toxicité possible. L'accumulation des substances toxiques dans les chaînes alimentaires est l'objet de graves préoccupations. Les métaux résiduels qui s'infiltrent dans les systèmes aquatiques peuvent subir une transformation par des processus biologiques naturels, par exemple, la transformation du mercure en neurotoxine toxique, à savoir le méthylmercure. Les teneurs en méthylmercure augmentent à un taux supérieur au taux de dégradation possible chez les

Tableau 45
Classification de certains éléments en fonction de leur toxicité possible

Degré de toxicité non critique	Éléments très toxiques et relativement courants	Métaux toxiques mais très insolubles ou très rares
Sodium	Béryllium	Titane
Potasse	Cobalt	Hafnium
Magnésium	Nickel	Zirconium
Calcium	Cuivre	Tungstène
Hydrogène	Zinc	Tantale
Oxygène	Étain	Rhénium
Nitrogène	Arsenic	Gallium
Carbone	Scandium	Lanthane
Phosphore	Tellure	Osmium
Fer	Palladium	Rhodium
Soufre	Argent	Iridium
Chlore	Cadmium	Ruthénium
Brome	Platine	Baryum
Fluor	Or	
Lithium	Mercure	
Rubidium	Thallium	
Strontium	Plomb	
Aluminium	Antimoine	
Silicium	Bismuth	

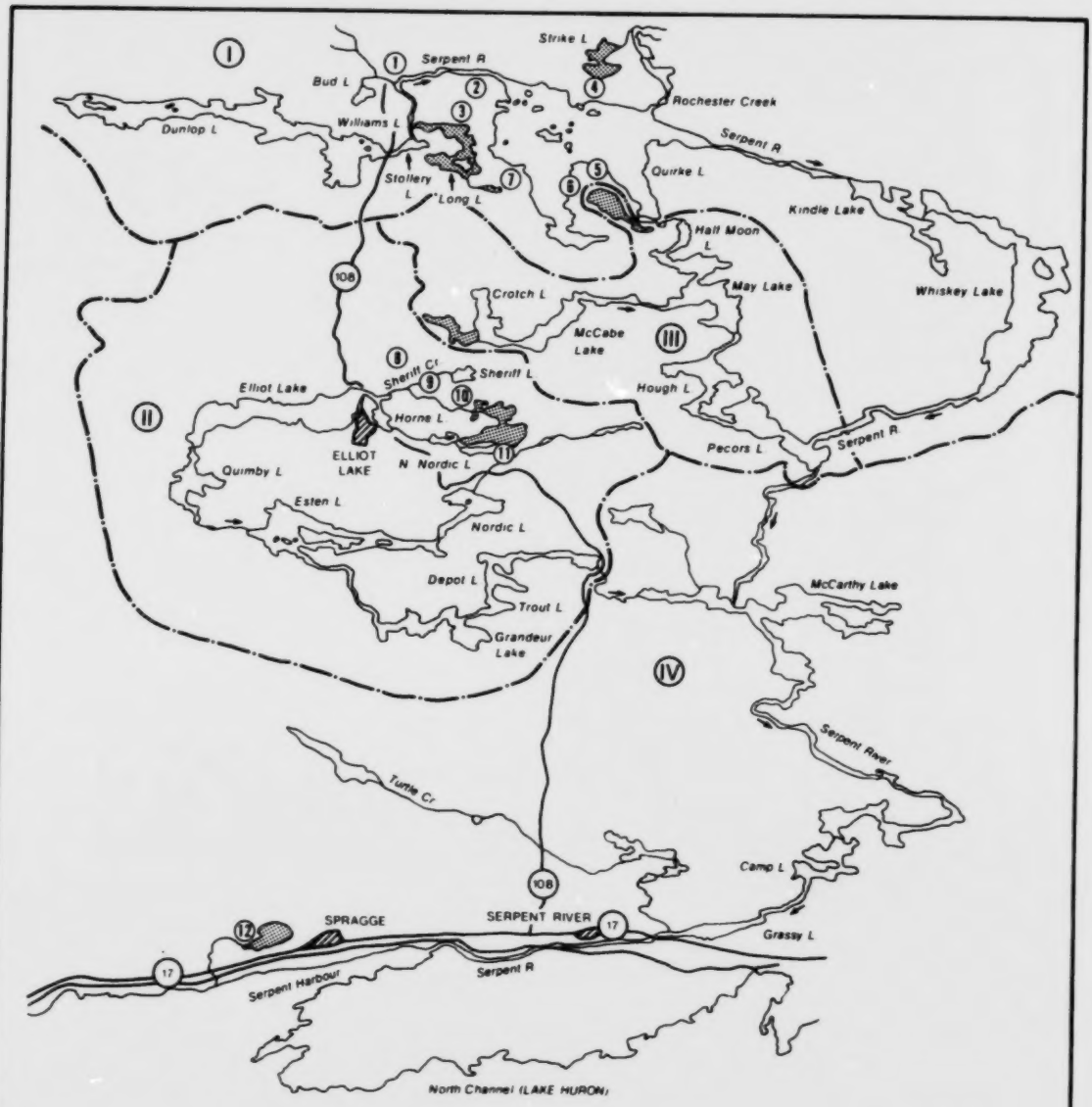
Source : Wood, 1974

Bassin d'épuration des eaux à la Cardinal River Coal Ltd., près de Cadomin (Alta)
Photographie : W.B. Blakeman, Environnement Canada



Épaississeurs de boues à la mine Quirke Lake, Elliot Lake (Ont.)
Photographie : Jim Scott, Environnement Canada

CARTE 19
Exploitation de mines d'uranium, bassin de la Rivière Serpent (Ontario)



LÉGENDE

MINES

① Old Quirke
② New Quirke
③ Denison
④ Panel
⑤ Canmet
⑥ Stanrock
⑦ Spanish America
⑧ Stanleigh
⑨ Milliken
⑩ Lacnor
⑪ Algom Nordic
⑫ Pronto
Zone des résidus

BASSINS SECONDAIRES

Ⅰ Bassin du lac Quirke
Ⅱ Bassin secondaire du lac Elliot
Ⅲ Bassin secondaire du lac Pecors
Ⅳ Bassin secondaire du cours inférieur de la rivière Serpent
Limite des bassins secondaires

Source : Roy et Keller, 1976.

organismes et, par conséquent, elles s'accumulent dans les tissus de l'hôte, par exemple, le poisson. Des transformations chimiques similaires à celles du mercure se produisent au cours du cycle d'autres éléments et il est possible de prévoir quels sont les autres métaux lourds qui risquent de subir une transformation similaire.

« Il est évident qu'en raison de l'évolution d'un tel système dynamique de cycles biologiques des éléments toxiques, de petites perturbations de ces cycles influeront sur l'équilibre naturel, ce qui, à son tour, modifiera les teneurs en agents toxiques intermédiaires. Il est donc nécessaire de déterminer avec précision quelles espèces d'éléments toxiques doivent être surveillées dans l'environnement, car l'élaboration de modèles du cycle des produits chimiques dans l'environnement risque d'être inutile si l'on ne tient pas compte de ces transformations biologiques. »
(Wood, 1974).

Le déversement d'eaux polluées provenant de l'exploitation minière peut nuire à la santé de l'homme ainsi qu'à celle d'autres organismes. Si de très faibles teneurs en oligo-éléments sont essentielles à l'homme, la présence de ces éléments en quantités supérieures à certains seuils et, dans une grande mesure, inconnues, risquent d'avoir des effets désastreux. L'exemple le mieux connu est sans doute celui des rejets d'eau polluée par le cadmium et provenant d'une mine de plomb/zinc/cadmium de la préfecture de Toyama, au Japon. De l'eau contaminée par le cadmium a servi à irriguer des rizières situées près des mines. L'ingestion du cadmium par la consommation du riz a provoqué de nombreux cas de la maladie « itai-itai », dont l'un des symptômes était une dégénérescence des os, grave au point que des quintes de toux pouvaient entraîner une fracture des côtes. De 1946 à 1965, près de 100 cas mortels ont été attribués à cette maladie.

Il s'agit, bien sûr, d'un cas extrême qui s'est produit dans un pays très densément peuplé, où les terres sont rares et où les conflits entre l'industrie d'extraction des minéraux et l'exploitation d'autres ressources risquent d'être plus courants. Par contraste, l'extraction des substances potentiellement toxiques au Canada se limite généralement aux régions situées à une certaine distance des centres densément peuplés. Néanmoins, les substances toxiques risquent toujours de pénétrer dans la chaîne alimentaire et, ultérieurement, d'être ingérées par l'homme. Par exemple, les éléments radioactifs associés à l'exploitation de l'uranium ont récemment suscité des préoccupations chez le public, du fait qu'il questionne l'efficacité du traitement des effluents toxiques évacués avec les eaux résiduelles. Dans le nord de l'Ontario, la surveillance relativement longue des méthodes d'élimination des déchets dans les mines d'uranium a révélé des effets environnementaux également à long terme et de grande portée sur la qualité de l'eau, ainsi que l'illustre l'étude de cas suivante.

Étude de cas : Exploitation de l'uranium dans le bassin de la rivière Serpent (Ontario)

L'exploitation de l'uranium dans le nord de l'Ontario a commencé en 1953 à la suite de la découverte du minerai uranifère dans le bassin de la rivière Serpent, près d'Elliot Lake (voir la carte 19). Un marché actif a stimulé l'exploitation rapide du minerai et, dès 1953, onze mines étaient opérationnelles, mais par suite d'une baisse des conditions du marché, le nombre de mines en exploitation est tombé à 5 dès 1966, puis à 2 en 1972. Depuis 1972, de nombreuses mines ont été réouvertes en raison de la relance de la demande de combustibles nucléaires qu'a entraîné la « crise énergétique ».

En 1957, la Commission des ressources en eau de l'Ontario (devenue le ministère de l'Environnement) a entrepris un programme de surveillance de l'élimination des déchets en accordant une attention particulière au stockage des résidus et à la qualité du milieu récepteur dans l'ensemble du bassin de la rivière Serpent. En 1958, le ministère de la Santé de l'Ontario a entrepris des études sur les risques de contamination radioactive. D'après le rapport de la Commission des ressources en eau de l'Ontario publié en 1971, l'ensemble du bassin présentait des traces importantes de pollution chimique et radiologique. Dans certains lacs, les teneurs en ^{226}radium dépassaient de 50 à 200 fois les teneurs de fond.

On a constaté une baisse marquée du pH, ainsi que la présence de teneurs très élevées en matières dissoutes, sulfate et ammoniac. La réduction des populations de phytoplancton, de zooplancton et de poissons et la diminution de communautés de la faune benthique, témoignaient de conditions biologiques gravement détériorées par suite de la dégradation de la qualité de l'eau. Les conclusions du rapport indiquaient que la contamination radiologique et ses effets sur la santé de l'homme constituaient le principal problème, suivi de la réduction du pH et, par conséquent de la baisse de la productivité biologique des communautés aquatiques. En dépit des améliorations apportés aux méthodes d'élimination des déchets entre 1960 à 1970, les teneurs en ^{226}radium sont demeurées considérablement supérieures aux teneurs de fond. Entre 1966 et 1970, les teneurs en

matières dissoutes ont présenté des réductions graduelles, mais les valeurs du pH ont continué à diminuer, même dans des lacs situés en aval des sites de neutralisation.

La surveillance s'est poursuivie de 1970 à 1975 mais, en dépit de la réduction du nombre total d'exploitations minières, la pollution de l'eau constitue toujours un grave problème. Bien qu'en général les teneurs en ^{226}radium aient subi des baisses marquées, les teneurs à l'embouchure de la rivière Serpent ont continué à être légèrement supérieures à celles jugées acceptables dans les réserves d'eau domestique, à savoir 3 pCi/l. Dans l'ensemble du bassin, les taux de radioactivité relevés en 1975 étaient variables, c'est-à-dire qu'ils passaient d'une valeur minimale de 1 pCi/l au lac Elliot à une valeur maximale de 20 pCi/l à l'entrée du lac Pecors. En général, les teneurs en ^{226}radium ont continué à dépasser les normes acceptables, ce qui, dans une certaine mesure, était dû aux eaux de ruissellement contaminées par les résidus et des déversements abandonnés et à la rétention des radionucléides dans les lacs du bassin secondaire.

Entre 1970 et 1975, seuls des changements relativement mineurs dans les valeurs du pH ont été relevés. À l'embouchure de la rivière Serpent, où les valeurs du pH étaient représentatives des conditions du bassin versant, le pH moyen était de 6,5, soit une valeur à peine conforme aux normes de protection des poissons et des autres organismes aquatiques. Les réductions constantes dans l'ensemble du bassin témoignaient d'un grave problème permanent, dû peut-être à l'oxydation de grandes quantités de sulfures dans les résidus, aux apports provenant de décharges de stériles ou à la présence d'ions d'hydrogène dans l'eau au cours de périodes relativement longues. En outre, les teneurs en ammoniac, substance qui peut être toxique pour la vie aquatique selon ce que sont la température et le pH, étaient élevées et dépassaient la teneur de 0,2 mg/l relevée dans les rivières non polluées. Cependant, des teneurs en ammoniac risquant d'être toxiques n'ont été observées que dans la partie du bassin secondaire du lac Quirke, en aval des deux usines en service où le pH était élevé.

Le programme de surveillance permanent a permis de constater les effets spatiaux importants de la propagation des résidus miniers dans les eaux superficielles puisque, dans le cas du bassin de la rivière Serpent, ils s'étendent sur une distance de quelque 93 km à partir de la station d'échantillonnage située sur la rivière Serpent, au niveau de la route 17, à la sortie du lac Depot. Les mesures effectuées au cours du programme de surveillance témoignent également des effets temporels de la pollution de l'eau. Malgré la réduction des activités minières, peu de

Tableau 46
Réacidification en aval des effluents provenant des étangs de décantation

Paramètre*	Kilomètres en aval du point de déversement, pH initial de 5,6					
	0,3	1,85	3,23	7,48	8,93	21,06
pH	3,5	5,0	5,6	2,6	2,5	3,02
SO_4	1 754	1 235	1 230	1 515	1 498	1 245
Cuivre	0,010	0,036	0,01	0,01	0,005	0,01
Zinc	0,38	2,0	1,8	2,5	1,4	1,8
Plomb	1,0	1,1	3,0	1,2	0,65	0,7
Fer total	1,5	7,8	16,6	32,9	27,5	32,5
Métal ferreux	0,1	6,0	3,7	22,0	1,7	6,0
Métal ferrique	1,4	1,8	12,9	10,9	25,8	26,5
DCO	492	406	324	135	25,9	63,9

*en mg/l sauf pour le pH

Source : Schmidt et Conn, 1969

progrès semblent avoir été réalisés pendant la décennie de 1966 à 1975 en ce qui concerne la restauration de la qualité de l'eau selon des normes acceptables. Les eaux résiduaires des usines ainsi que les radionucléides résiduels continuent à polluer les eaux du bassin et à nuire aux processus naturels de restauration. D'après les observations, il semble peu probable que l'épuration de l'eau soit réalisable dans un proche avenir.

Source : Roy et Keller, 1976.

Les risques de pollution de l'eau ne se limitent cependant pas aux étapes de l'extraction des minerais. Les processus d'enrichissement et de traitement supplémentaire comportent le rejet plus ou moins important d'effluents dans le milieu aquatique.

Pollution de l'eau au cours de l'étape de l'enrichissement

Le recyclage intensif de l'eau au cours des dernières années a permis de réduire considérablement les risques de pollution qu'entraînent les procédés d'enrichissement. Néanmoins, en général, l'eau est finalement rejetée dans des zones de retenue ou des étangs de décantation où se déroulent les processus naturels (suintement, évaporation, percolation et ruissellement) qui risquent d'occasionner des fuites d'effluents toxiques dans le milieu environnant. L'efficacité de l'étang de décantation dépend en partie de la durée pendant laquelle il peut contenir l'effluent. Il peut s'agir d'une période de quelques heures seulement jusqu'à plusieurs mois selon la capacité de retenue (Down et Stocks, 1977). À cette étape, on prend des mesures pour neutraliser les éléments acides dans l'eau à l'aide de substances alcalines, la chaux constituant l'agent de neutralisation le plus utilisé. Cependant, la neutralisation doit être suffisamment efficace pour annihiler la capacité d'acidification des composants de l'effluent. L'utilisation de quantités insuffisantes d'agents de neutralisation peut entraîner la réacidification de l'eau en aval, loin du point de rejet initial (Whitt, 1970). La réacidification des eaux résiduaires en aval fait l'objet du tableau 46. Après la neutralisation et la décantation des substances résiduaires, il reste des quantités considérables de boues précipitées, ce qui risque de susciter des difficultés d'assèchement et de sécurité au moment de l'élimination.

Le principal problème environnemental lié à l'étape de l'enrichissement tient à l'évacuation des résidus de broyage, à savoir les matières broyées en fines particules ou la gangue qui résultent des étapes de la pulvérisation et de l'enrichissement (voir la figure 9, chapitre 2). Il existe de nombreuses méthodes d'évacuation des résidus de broyage. Parmi elles, mentionnons l'épandage, l'évacuation souterraine, l'évacuation souterraine vers les zones excavées à des fins de remblayage à l'intérieur de la mine et les méthodes de récupération secondaire par un traitement supplémentaire (Association d'exploitation minière [Mining Association] de la Colombie-Britannique, 1972 ; Ballantyne, 1975). Toutes ces méthodes ont été utilisées au Canada, bien que l'épandage continue d'être la plus courante.

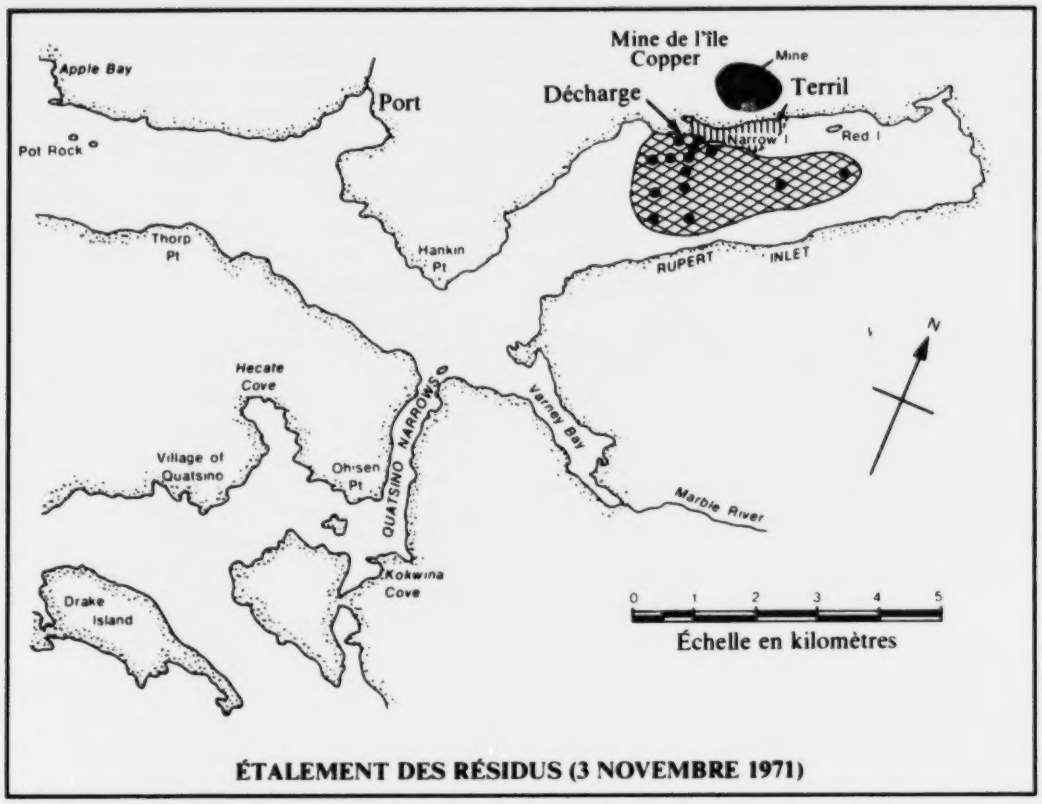
Cependant, en dépit des études techniques très approfondies, il n'est pas garanti que les méthodes d'évacuation des résidus permettront d'éviter la contamination de l'environnement. L'évacuation des résidus de broyage du complexe d'exploitation minière de l'île Copper dans les eaux de l'inlet Rupert en Colombie-Britannique constitue un exemple actuel de retenue inefficace. L'étude de cas ci-après illustre les répercussions d'un phénomène naturel et totalement imprévu.

Étude de cas : Mine de l'île Copper, dans l'île Vancouver

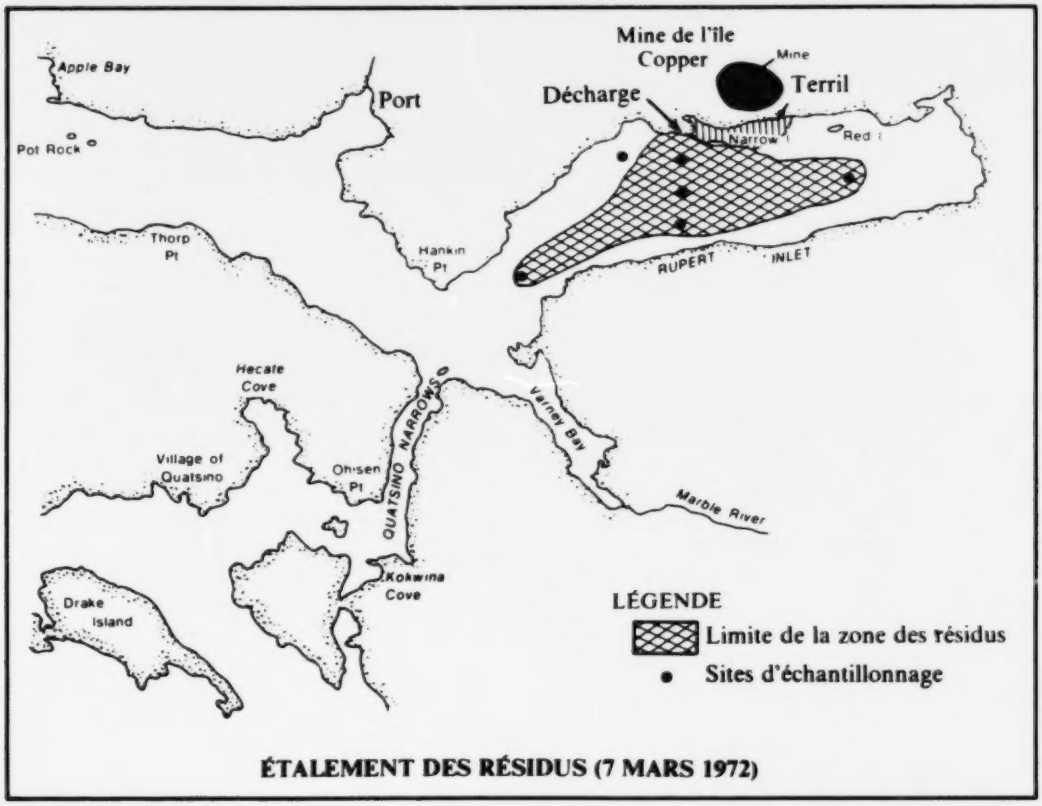
Depuis 1971, le complexe minier de l'île Copper situé sur la côte nord de l'inlet Rupert en Colombie-Britannique (voir la carte 20) exploite le molybdène-cuivre à raison de 33 000 t par jour dans des mines à ciel ouvert par gradins.

En vue de satisfaire aux exigences des organismes gouvernementaux de réglementation, la société a été obligée de concevoir un système d'évacuation des déchets de roches et des résidus de broyage acceptable sur le plan environnemental. D'après les études préliminaires, les caractéristiques du minerai empêchaient le stockage des résidus de broyage à la surface, étant donné que ceux-ci risquaient d'être soumis à une lixiviation bactériologique dans les eaux superficielles du bassin versant adjacent et de représenter ainsi un grave danger pour les stocks locaux de saumons et le biote du milieu. On a proposé comme méthode de rechange un système d'évacuation sous-marine en se fondant sur les prévisions selon lesquelles les résidus solides évacués directement dans l'inlet Rupert demeureraient à plus de 100 m de profondeur et se dirigeraient vers le bas du lit incliné de l'inlet pour se déposer au fond. En outre, selon les prévisions, les résidus n'auraient pas tendance à s'étaler, étant donné qu'il n'y aurait des courants de vitesse élevée qu'au-dessus de 60 m de profondeur.

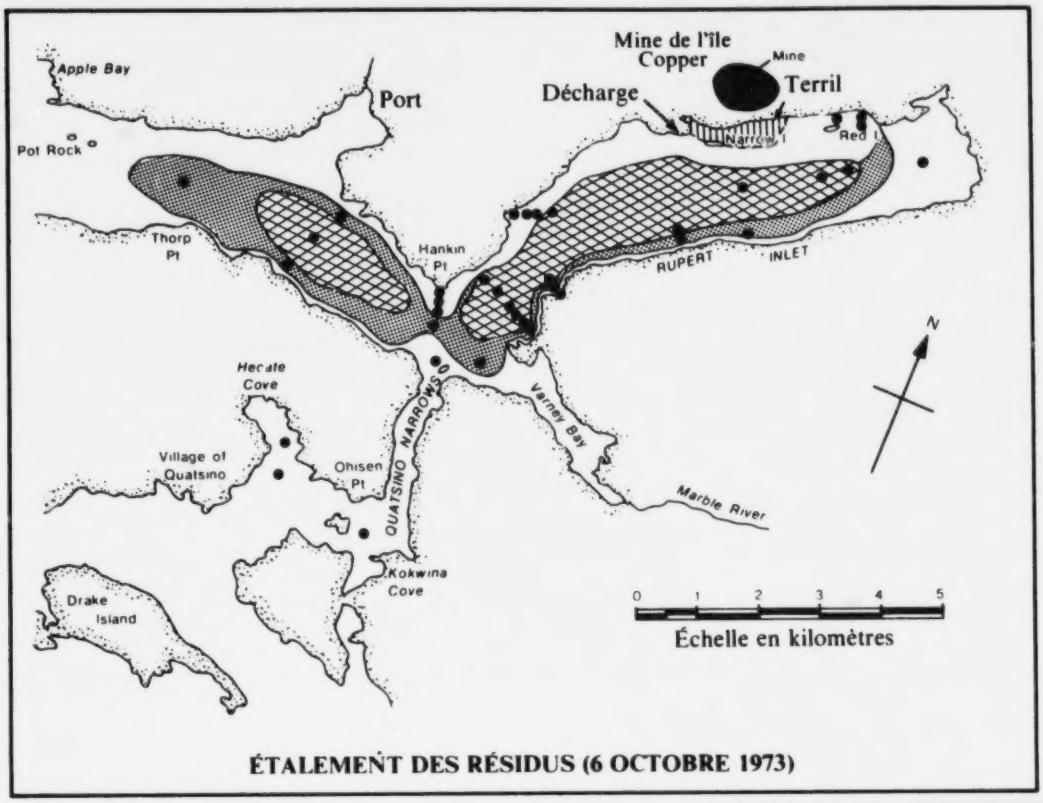
CARTE 20
Étalement des résidus de la mine de l'île Copper, inlet Rupert (Colombie- Britannique)



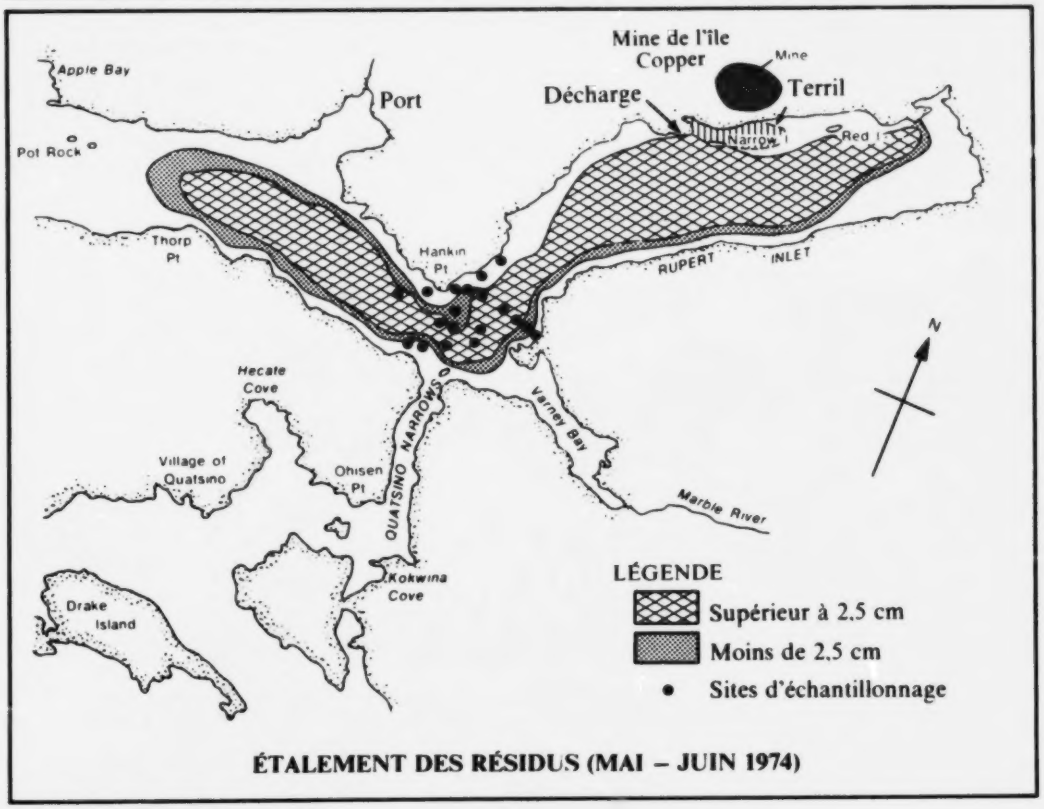
ÉTALEMENT DES RÉSIDUS (3 NOVEMBRE 1971)



ÉTALEMENT DES RÉSIDUS (7 MARS 1972)

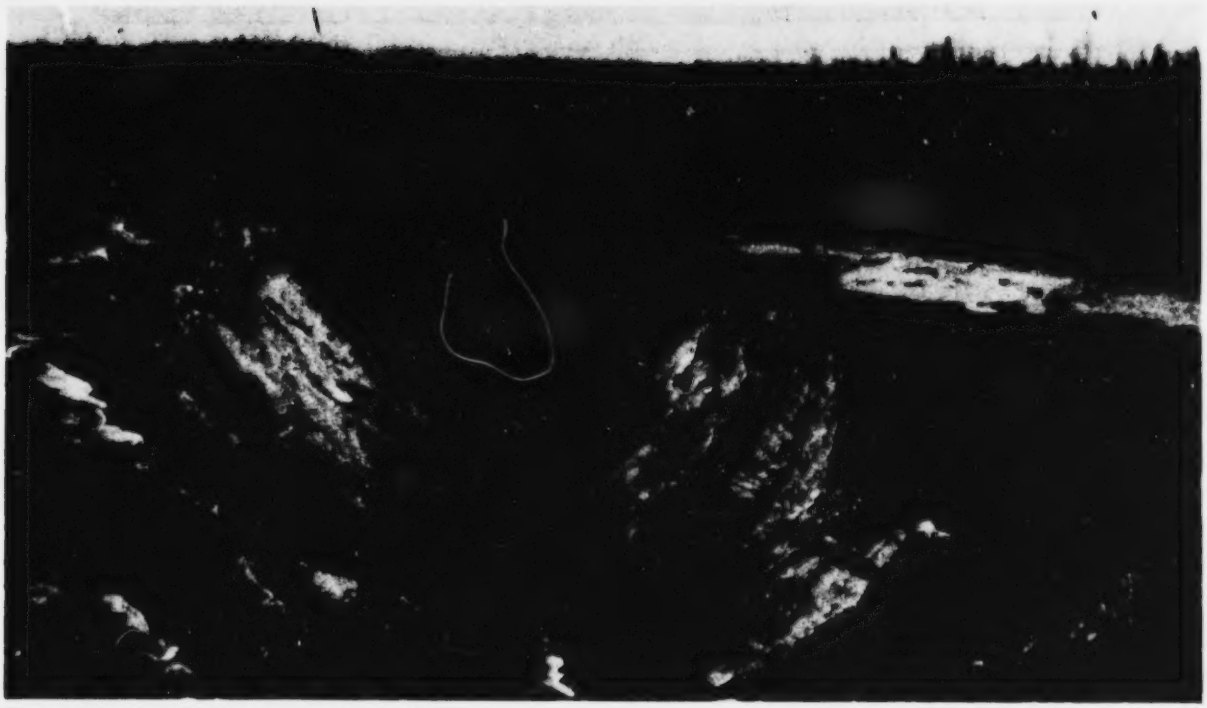


ÉTALEMENT DES RÉSIDUS (6 OCTOBRE 1973)

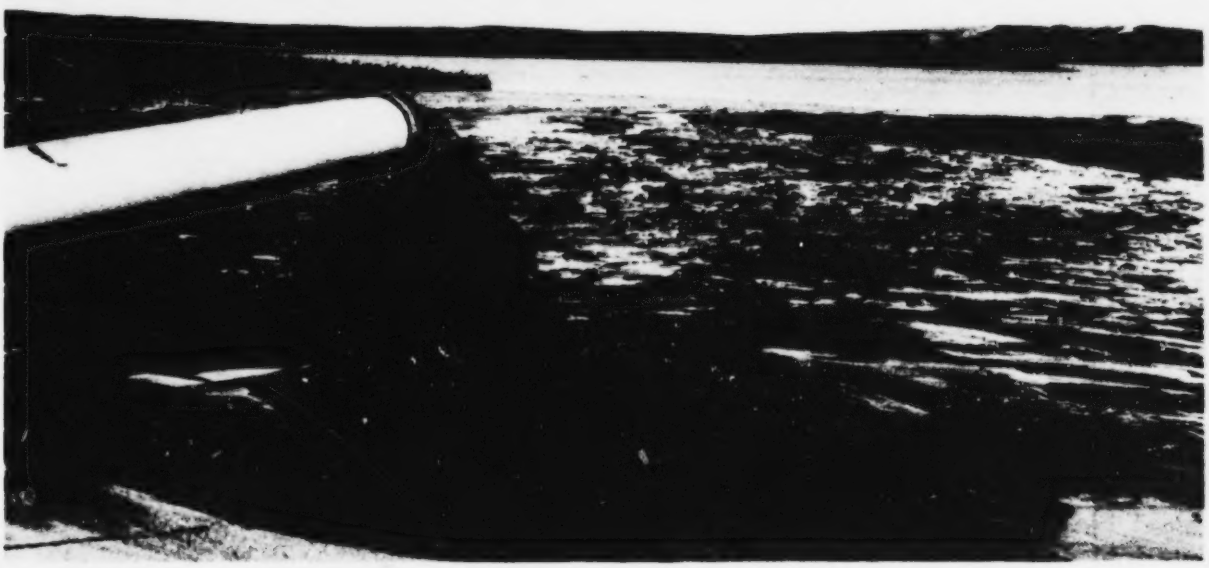


ÉTALEMENT DES RÉSIDUS (MAI – JUIN 1974)

Source : Goyette et Nelson. 1977.



Fissure dans une digue de retenue des résidus
Photographie : Jim Scott, Environnement Canada



Évacuation des résidus de mine par la Wabush, dans le lac Flora (Labrador)
Photographie : John MacLatchy, Environnement Canada

La formule d'un système d'évacuation sous-marine a été acceptée par la Direction de la dépollution (Pollution Control Branch) de la Colombie-Britannique en 1971 et un permis a été accordé sous réserve de la mise en œuvre d'un programme de surveillance environnementale par un organisme indépendant.

Le programme de surveillance et de contrôle entrepris depuis 1971 a permis de déterminer que le déversement de déchets a détruit les organismes aux plus bas niveaux prévus au cours des études préliminaires. Cependant, une perturbation imprévue s'est produite : les résidus se sont déposés exclusivement dans les zones moins profondes du système et de productivité biologique plus élevée, en raison, semble-t-il, des courants de marée qui se manifestent au fond de l'inlet Rupert. Contrairement aux prévisions, les teneurs élevées en sédiments en suspension ont été constatées à toutes les profondeurs, et elles étaient accompagnées d'augmentations considérables de la turbidité en surface et sous la surface. L'étalement des matières résiduaires a dépassé de loin les limites prévues, puisque ce phénomène a entraîné un taux de sédimentation élevé sur une grande partie du substrat original ainsi que sur le biote fréquentant certaines zones intertidales et certaines zones subtidales peu profondes.

Le dépôt constant de déchets le long des sections les moins profondes du rivage continue d'avoir des effets préjudiciables sur le biote du milieu par la détérioration de l'habitat indigène et par l'étouffement des espèces. En outre, à une échelle beaucoup plus vaste, les sédiments entraînent la destruction du benthos des grands fonds. On estime que la productivité biologique de l'inlet Rupert sera finalement touchée par la réduction de la diversité et de l'abondance des espèces qui ne manquera pas de se produire.

La bio-accumulation des métaux lourds dans les tissus des mollusques bivalves pourrait également s'avérer nocive pour l'homme. Les mollusques filtreurs ont la capacité d'accumuler des teneurs en métaux toxiques très supérieures aux niveaux relevés dans l'environnement immédiat. Des augmentations des teneurs en cuivre ont déjà été constatées dans les tissus des moules à cet endroit ; comme on trouve des résidus d'arsenic, de plomb et de cadmium dans l'effluent des résidus de broyage, il ne serait pas surprenant de constater une bio-accumulation de ces métaux chez les moules dans le futur.

Le rapport de surveillance le plus récent établit qu'en raison de l'impact environnemental et la propagation imprévue des sédiments dans les eaux moins profondes, le système actuel d'évacuation des résidus devrait être réévalué. Il signale également que ce n'est pas en modifiant la conception ou l'emplacement du système actuel d'évacuation sous-marine que l'on parviendra à réduire ou à éliminer l'étalement des résidus sur de vastes superficies.

Source : Goyette et Nelson, 1977.

La méthode d'évacuation en surface sous forme de tas de résidus constitue une solution de rechange à court terme, mais qui ne convient pas pour former une zone de retenue efficace. La présence de vase et d'eau provoque l'instabilité des matières résiduelles et les rend vulnérables à l'érosion par l'eau. Une pratique courante consiste à prévoir une zone de retenue destinée à recevoir des quantités considérables de matières résiduelles. Ces dernières, ainsi que l'eau employée dans les processus d'enrichissement, sont acheminées à l'état de boue vers la zone de retenue. Souvent, de l'eau d'exhaure est également rejetée dans la même zone de retenue. Outre les éléments du minerai original, la boue contient invariablement des réactifs organiques utilisés dans le traitement des minerais. Parmi les réactifs relevés, mentionnons les agents moussants, les réactifs collecteurs, les dépresseurs, les modificateurs de pH, les activants, les floculants, les coagulants et les dispersants.

De nombreux réactifs sont extrêmement toxiques et sont mortels pour au moins un certain nombre d'organismes (Hawley, 1972 ; Leduc et coll., 1973). Le tableau 47 donne les teneurs en certains réactifs industriels qui sont létales pour divers organismes aquatiques, tandis que le tableau 48 présente les teneurs en réactifs relevées au cours de diverses étapes du circuit de traitement et de retenue des résidus (voir le chapitre 2).

L'efficacité de la zone de retenue en ce qui concerne la décantation des particules, la dissipation des produits chimiques et la dégradation d'autres substances toxiques dépend de la durée de séjour de l'effluent dans l'étang. Dans l'épuration des eaux d'exhaure, il est possible d'ajouter des produits chimiques pour accélérer le processus de dissipation. Néanmoins, une fois que l'eau est retenue, une

Tableau 47
Effets toxiques de certains réactifs utilisés lors du broyage des minerais, sur les poissons et crustacés

Réactif	Teneur létale (mg/l)	Espèce
Orthocrésol	10	Perche, limite toxique inférieure, 15 °C
	17	Perche, immobilisée en 10 minutes, 15 °C
Crésols	10	Crustacés tués en 2 h
Cyanure de sodium	0,05	Omble chevalier, 100 % de mortalité, exposés pendant 124 h
	0,8	Ménés, 100 % de mortalité en 24 h
Acide crésylique	3,12 — 6,60	La plupart des saumons chinook et coho sont morts après 72 h d'exposition dans de l'eau douce et de l'eau de mer
Sulfure de sodium	1,0	Seuil, salmonidés
	1,8	Létale, salmonidés
Sulfate de cuivre	0,14	Omble chevalier
Cyanure de sodium	0,15 — 0,7	Ménés, 25 % de mortalité, TL_m24
	1,0	Omble chevalier, 100 % de mortalité en 20 minutes
Permanganate de potassium	4,0	Achigan à grande bouche
	5,2	Crapet arlequin, TL_m24, omble chevalier en 24 h

Source : Hawley. 1977

certaine quantité se perd par des processus naturels, ce qui entraîne finalement une contamination de l'environnement. La quantité d'eau perdue est fonction de nombreuses variables, notamment l'efficacité de la conception et de la construction de la zone de retenue, les facteurs climatiques, les caractéristiques du sol, la topographie, la proximité des cours d'eau, etc.

La conception et la construction de la zone de retenue constituent un facteur essentiel à la préservation de la qualité du milieu. La conception et la construction du barrage, le transport des matières résiduelles, les systèmes de retenue et de décantation ainsi que la diminution du suintement représentent les principaux facteurs dont il faut tenir compte lors de la conception en vue de minimiser les effets des glissements de terrain, de la lixiviation et de l'érosion par le vent et l'eau. Néanmoins, même les meilleures techniques de pointe ne permettent parfois pas de prévoir les phénomènes naturels comme, par exemple, la rupture sous tension des installations de retenue par suite d'inondations soudaines. En mars 1975, deux ruptures des digues retenant les résidus de la mine Anvil, au Yukon, ont entraîné la fuite dans l'environnement de près de 163 millions de gallons d'eaux résiduaires et de substances décantées (toxiques et alcalines et présentant un pH de 10,7) (Harvey, 1976). Le ruissellement printanier à la mine Pine Point dans les Territoires du Nord-Ouest a, dans le passé, causé des débordements importants des eaux résiduaires (jusqu'à 50 p. cent) retenues derrière la digue à résidus, eaux qui n'ont pu ainsi passer dans le système de décantation (Stern et Miller, 1972). Les accidents de ce genre montrent nettement

la nécessité d'améliorer les données prévisionnelles sur les processus environnementaux concernés en vue de prévoir et d'éviter de tels accidents.

POLLUTION DE L'EAU AU COURS DU TRAITEMENT ULTÉRIEUR

Tandis que l'étape de l'enrichissement entraîne la modification mécanique et physique du minerai, l'étape de traitement ultérieur, ou métallurgie extractive, qui constitue l'étape finale, provoque la modification de la nature chimique des minerais dans le but d'isoler le métal du sulfure ou de ses autres composés (voir le chapitre 2). Habituellement, ces opérations ne s'effectuent pas dans le complexe minier lui-même, mais se déroulent dans un site permettant de desservir différentes opérations minières situées dans une région plus vaste et de tirer profit de modes de transport appropriés à la distribution du produit fini.

Comme nous l'avons déjà vu, le traitement ultérieur entraîne l'émission de polluants atmosphériques. Un autre problème de pollution causé par le traitement ultérieur est celui des scories de fusion et d'affinage. Les scories produites représentent, en poids, environ le cinquième du poids des résidus de broyage (Ripley et coll., 1978). En général, les scories se composent de trois parties égales d'oxydes métalliques, de silice et d'oxydes de fer (Dennis, 1965). Cependant, contrairement aux résidus de broyage, les scories sont généralement plus stables sur le plan physique et elles sont inertes sur le plan chimique. Étant donné que les quantités de scories produites sont relativement petites, elles sont moins sujettes à perturber l'environnement.

Par conséquent, leur élimination n'a pas suscité de graves préoccupations. Néanmoins, bien qu'il y ait peu d'émissions directes dans l'hydrosphère au cours du traitement ultérieur, il a été constaté que les eaux résiduaires des fonderies nuisent à la qualité de l'eau lorsqu'elles sont déversées directement dans le milieu aquatique (Reeder, 1971). Bien que les scories de fusion rejetées dans la rivière Columbia n'aient entraîné que des effets négligeables sur la qualité de l'eau, les eaux résiduaires rejetées avec elles ont accru la dureté de l'eau et sa teneur en sulfate, en calcium, en fluorure, en phosphate et en zinc. La dilution totale de l'effluent n'a été observée que de 5 à 15 km en aval du point de déversement.

Le tableau 49 liste les effets environnementaux dus aux différentes techniques métallurgiques employées au cours du traitement supplémentaire. Ces effets varient considérablement au cours des étapes, en fonction des caractéristiques minérales du minerai exploité. Néanmoins, les résidus émis dans l'atmosphère ainsi que dans l'hydrosphère sont relativement spécifiques.

RÉSUMÉ DES IMPACTS

Nous avons examiné dans les pages précédentes la nature, ainsi que la portée et les effets possibles des résidus miniers sur les terres, l'air et l'eau, à l'échelle locale, régionale et globale. Un résumé des relations entre l'exploitation minière et les mécanismes de l'impact sur les ressources terrestres, aquatiques et biotiques figure au tableau 50. Il est évident que les effets environnementaux possibles attribuables à l'industrie minière sont nombreux et variés, et qu'ils vont des modifications mineures de la couverture végétale à une dégradation intense et permanente du sol. Cependant, de nombreux impacts que l'on sait susceptibles de se produire peuvent être réduits de façon notable par l'application de mesures correctrices connues. Une analyse exhaustive de la gamme des impacts possibles dépassait la portée de ce rapport ; cependant, à l'aide d'études de cas, les auteurs ont essayé de montrer la gravité que peuvent revêtir les perturbations environnementales qui se produisent au-delà du site d'exploitation même et qui semblent menacer, dans une plus grande mesure, l'environnement. La détérioration du sol constitue l'une des conséquences les plus fréquemment mentionnées en ce qui concerne l'industrie minière et ses conséquences sont tant visibles qu'immédiates. On peut prévoir que les exploitations minières, situées à proximité des régions densément peuplées, risquent de soulever invariablement de plus nombreuses controverses au sujet de la qualité de l'environnement que dans le cas d'exploitations entreprises dans les régions isolées (par exemple, les carrières et les sablières de l'industrie des granulats). Mais la perturbation du sol ne constitue qu'un aspect des problèmes environnementaux liés à l'exploitation minière. Il existe d'autres effets moins flagrants, qui ne sont ni visibles ni immédiats, et qui s'étendent au-delà du site même de l'exploitation minière. Il s'agit des « effets d'étalement ». Les facteurs comme la poussière, le ruissellement, le suintement, la circulation, les vapeurs, les vibrations et le bruit contribuent tous aux effets d'étalement de la

Tableau 48
Teneur moyenne du réactif de flottation à différents stades du processus de retenue des stériles (en p.p.m.)

Réactif	Lorsqu'il est ajouté aux boues en cours de processus	Teneur dans les boues restées dans les stériles	Teneur dans la portion d'eau demeurée dans les stériles
Xanthate	13,0	1,8	1,2
Méthyle isobutyle	8,0	—	2,0
Huiles et graisses	16,0	5,0	1,0
Cyanure de sodium	12,5	0,9	0,2*

* Au cours du séjour dans les étangs à stériles, le cyanure de sodium se transforme en cyanate et devient moins toxique.

Source : Mining Association of British Columbia, 1972

Tableau 49
Incidences environnementales des procédés métallurgiques

Procédés métallurgiques	Avantages pour l'environnement	Désavantages pour l'environnement
Pyrométallurgie	Minimum de déchets liquides, besoins énergétiques moindres	Milieu de travail moins agréable ; broyage fin nécessaire ; consomme énormément d'énergie ; dégage beaucoup de chaleur ; réactif requis pour la flottation ; émanations de dioxyde de soufre
Hydrométallurgie	Faible décharge dans l'environnement si le procédé est exécuté en circuit fermé ; stériles généralement moins fins qu'avec la pyrométallurgie ; plus grande possibilité d'intégration avec des opérations auxiliaires	Les solutions contenant des déchets peuvent être éliminées dans l'environnement
Électrométallurgie	Donne un produit de très grande pureté ; possibilité d'un contrôle très serré	Consomme beaucoup d'électricité ; production de vapeurs et de gaz toxiques ; possibilité de déchets chimiques toxiques dans l'hydrosphère ; doit habituellement être utilisée avec la pyrométallurgie ou l'hydrométallurgie

Source : Ripley et coll., 1978

Tableau 50

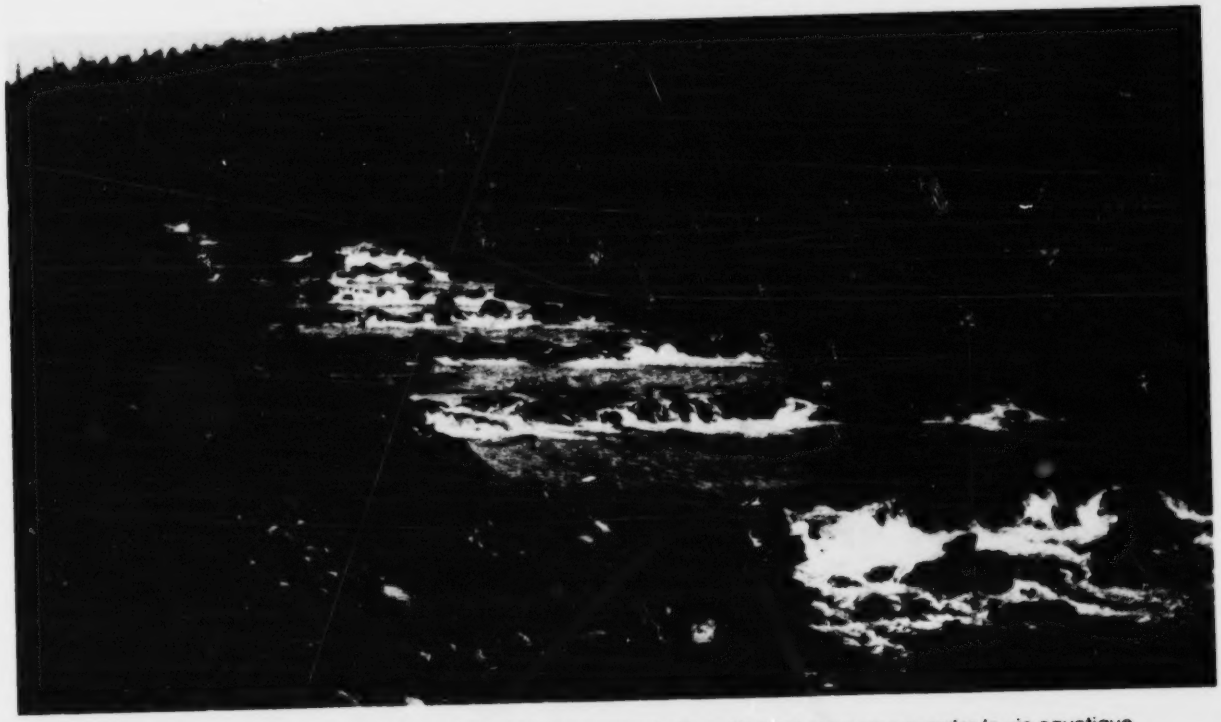
Relation entre les principales phases de l'exploitation minière et les impacts sur les ressources foncières et biologiques[1]

Impacts	Niveau local : sur l'emplacement même[2] — Activité minière						Niveau régional ; effets d'étalement au-delà du site — Activité minière					
	Développement	Extraction — souterraine	Extraction — en surface	Enrichissement/stockage	Traitement complémentaire — pyrométallurgie	Traitement complémentaire — hydrométallurgie — électrométallurgie	Développement	Extraction — souterraine	Extraction — en surface	Enrichissement/stockage	Traitement complémentaire — pyrométallurgie	Traitement complémentaire — hydrométallurgie — électrométallurgie
Détérioration superficielle												
Enlèvement direct du sol — sous-sol	XX	X	XX	XX	XX	X	X		X			
Modification de la qualité du sol												
Physique	XX		X		X		X		X			
Chimique/biologique				X	XX	X				X	XX	
Modification de la végétation												
Enlèvement direct	XX		XX	X								
Modification des espèces/ changement de la densité	XX	X	XX	X	X	X			X	X	X	X
Modification de la faune												
Disparition de l'habitat	XX	X	XX	X	X	X			X	X	X	X
Obstacle aux déplacements	XX	X	XX	X	X	X						
Modification de la qualité de l'eau												
Température					X	XX					X	
Caractéristiques chimiques		XX	X	X	XX	XX		XX	X	XX	X	XX
Particules	X	X	X	XX	X	XX	X	X	X	XX	X	X
Modification du mouvement de l'eau												
En surface	XX	X	XX	XX	XX	XX	X		X		X	X
Souterraine	X	XX	XX		X	X			X			
Modification de la qualité de l'air												
Caractéristiques chimiques					XX	X					XX	
Particules	XX	X	X	XX	X		X		X	X	X	
Microclimat					X						X	
Bruit/Secousse du sol	XX		X	XX	X		X		X	X		

1 Ce tableau représente la situation générale pour l'ensemble de l'industrie minière. Un grand nombre des incidences éventuelles énumérées sur les ressources foncières et biologiques peuvent être considérablement minimisées si les mesures correctives connues sont appliquées.

2 Comprend l'espace à l'intérieur des limites de la mine et une zone tampon locale de 1 à 12 km. Sont inclus les emplacements des fonderies et des raffineries.

Cases vides : imprévisibles ou insignifiantes
X impact faible
XX impact modéré à important



Détournement des eaux par la Cypress Anvil Corp. Ltd. à sa mine de Faro (Yukon) pour sauvegarder la vie aquatique
Photographie : W.B. Blakeman, Environnement Canada

production minière et aux changements physiques et chimiques locaux de l'environnement. Néanmoins, des effets à l'échelle régionale et même globale sont dus aux étapes de l'enrichissement et du traitement supplémentaire. En fait, une superficie des centaines de fois supérieure à celle du site de l'exploitation minière à proprement parler peut plus ou moins être touchée par les effets d'étalement. Dans ces circonstances, il n'est pas étonnant que l'industrie minière soit invariablement mêlée aux conflits soulevés par l'utilisation du sol.

CONFLITS ET CONTRAINTES CAUSÉS PAR L'UTILISATION DU SOL

Bien que les effets directs sur le site même de la plupart des activités minières ne soient pas négligeables, ils restent localisés et relativement faibles comparativement à plusieurs autres formes d'activité économique humaine comme l'agriculture, l'exploitation forestière et le développement urbain. Il est cependant inévitable que l'exploitation minière ait une influence considérable sur les ressources foncières environnantes et cette influence, que l'on qualifie d'effets d'étalement, est beaucoup plus importante que ne le laissaient prévoir les premières estimations. De plus, les effets indirects de l'exploitation minière peuvent être très étendus, particulièrement à cause des infrastructures mises en place pour cette activité (voies ferrées, routes, usines hydroélectriques, réservoirs d'eau et autres installations). Les infrastructures peuvent accroître substantiellement la superficie des terres directement influencées par toutes les activités relatives à l'exploitation minière, mais elles permettent souvent d'exercer un grand nombre d'autres activités qu'il serait difficile, voire impossible, d'entreprendre autrement.

En fait, l'interaction des utilisations directes sur l'emplacement même de la mine et des autres utilisations dans la zone périphérique montre bien les responsabilités accrues qui incombent aux exploitations minières. Au cours de la dernière décennie, la responsabilité des sociétés minières, en matière de protection de l'environnement, a dépassé considérablement le territoire de leur exploitation pour englober une partie beaucoup plus grande des terres environnantes. En effet, les modifications apportées aux règlements sur l'environnement ont considérablement accru les obligations qu'ont les sociétés minières en vue de minimiser l'impact environnemental de leurs activités sur les terres avoisinantes. Il en est résulté une interaction constante et croissante, souhaitée ou non, avec les propriétaires fonciers et les gestionnaires des ressources chargés des activités sur les terres situées à la périphérie des sites miniers (voir la figure 22). Les interactions de l'exploitation minière et des autres modes d'utilisation du sol sont devenues de plus en plus complexes. Il ne s'agit plus d'un simple choix économique ou technologique entre différents modes d'utilisation concurrentiels. Les exigences en matière de conservation des ressources, de protection environnementale et d'utilisation restreinte, liées à la vaste gamme d'utilisations traditionnelles (agriculture, opérations forestières, peuplement, récréation) ont toutes contribué à accroître les risques de contrainte sur le développement et le nombre réel des conflits.

Au cours des dernières décennies, l'exploitation minière a perdu de son prestige au profit des utilisations concurrentielles. On la juge moins désirable sur le plan social. Cela est dû pour une bonne part aux mines abandonnées par le passé et à leurs conséquences défavorables sur la région immédiate. Par ailleurs, toute la publicité faite sur la rareté de certaines ressources foncières, et les menaces de dégradation, réelles et redoutées, qui pèsent sur elles, a attiré l'attention du public sur d'autres modes d'utilisation du sol.

Le public est conscient depuis quelque temps déjà des effets des activités minières, mais on estime maintenant que la détérioration des ressources foncières attribuable à d'autres activités, notamment celles centrées autour des industries agricoles et forestières, est tout aussi importante, sinon plus. Cela n'a servi qu'à accentuer la pression exercée sur les nouveaux développements industriels (en particulier ceux reliés aux ressources minérales et énergétiques) et à entraver leur acceptation en tant que choix légitime lors du processus, très subjectif, d'allocation des terres.

Au Canada, comme partout ailleurs, l'exploitation minière est limitée par la présence de gisements rentables. Il en va de même pour les autres activités qui dépendent des ressources naturelles : les parcs nationaux sont situés dans des endroits où des caractéristiques et des phénomènes naturels existent ; les centrales hydro-électriques nécessitent des cours d'eau dont la profondeur, le débit et la dénivellation sont adéquats. Considérées dans la même perspective, l'agriculture et l'exploitation forestière semblent avoir des exigences beaucoup plus souples en matière d'emplacement, quoique ces deux activités requièrent certaines conditions bien spécifiques,

Vue aérienne de la ville minière de Sudbury (Ont.)
Photographie : Karl Sommerer, fournie par : photothèque de l'ONF

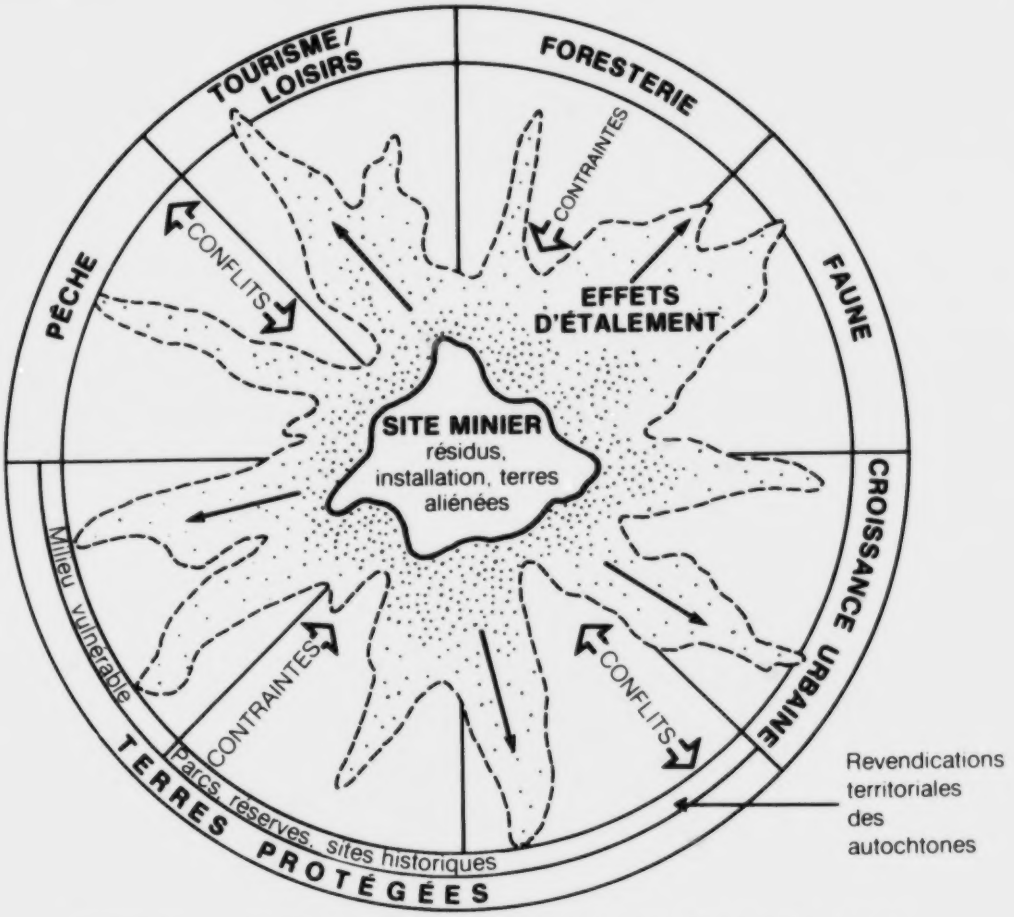


FIGURE 22. Conflit et contraintes en matière d'utilisation des terres. pour l'exploitation minière

quant au sol et à la température. En raison de leur importance dans le secteur de la consommation, ces activités prévalent lorsqu'il faut choisir entre plusieurs activités concurrentielles. Il faut à tout prix que les Canadiens connaissent l'interrelation, les besoins et les problèmes existant dans les divers secteurs économiques de notre société, dont le secteur minier, afin que les décisions prises en rapport avec la répartition des terres correspondent aux besoins et aux intérêts du grand public.

RESSOURCES FONCIÈRES

Bien que le Canada soit le deuxième pays au monde par son étendue, ses vastes dimensions sont trompeuses. Une grande partie de son territoire est sérieusement hypothéquée par des conditions climatiques, une topographie et un sol défavorables. Sa superficie totale est de 997 614 000 km², sur lesquels 75 516 000 km² d'eau douce (tableau 51). Cette superficie peut être décrite de la façon suivante :

— Plus de la moitié (soit 55 p. cent du territoire canadien se compose de terres incultes : un ensemble d'îles arctiques glacées, de terres dénudées, de roc et de marécages dans un milieu climatique incapable de faire vivre la végétation, si ce n'est celle de la toundra et ce, en quantité très limitée et pendant une courte période annuelle de croissance.

— Trente-sept pour cent se composent de terres boisées pouvant, du point de vue climatique, assurer la croissance de la végétation, mais sur un tiers de cette superficie, le climat

restreint le développement des essences commerciales.

— À peu près tout le reste du territoire est cultivé (8 p. cent) et une petite portion (moins de 1 p. cent) est occupée par les villes, le réseau routier, les parcs et les ceintures vertes.

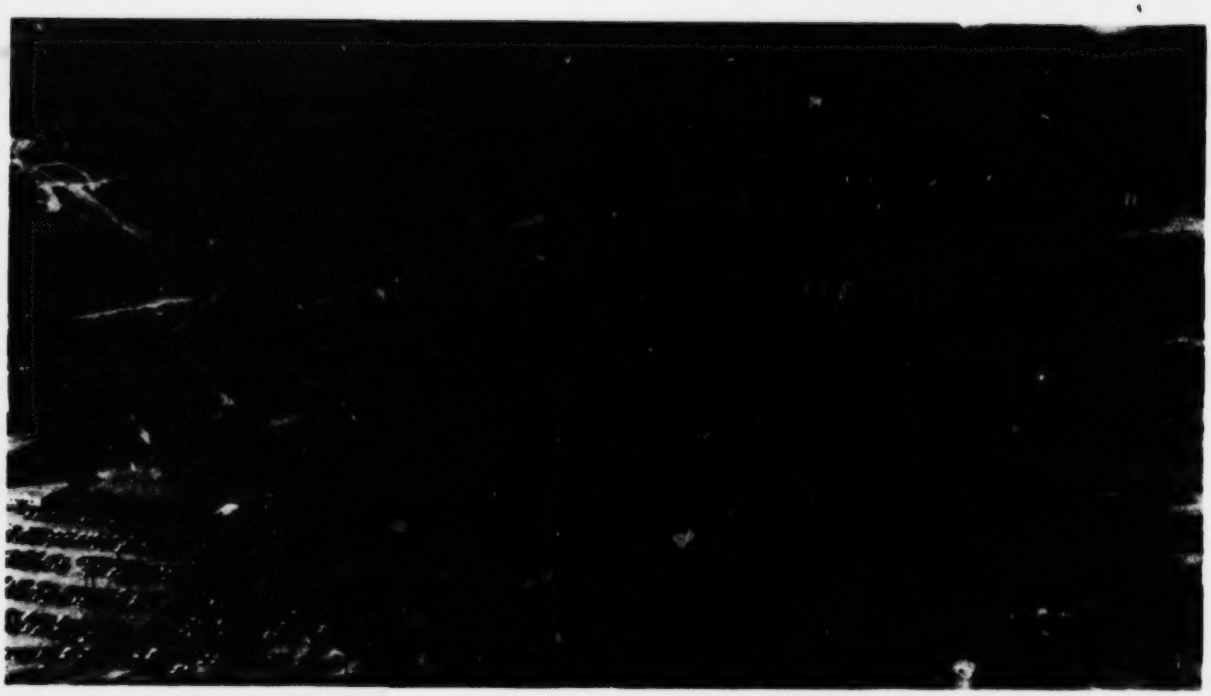
Il y a eu peu de changements dans l'utilisation du sol au cours de la dernière décennie. Moins de 3 p. cent du territoire total canadien sont utilisés directement pour l'énergie et la production minière, le commerce et l'industrie, le transport, l'emmagasinage de l'eau et d'autres usages de consommation (voir le tableau 51). Cependant ce chiffre n'indique pas les répercussions véritables sur les ressources foncières environnantes. Les terres protégées comme les parcs, les réserves, les refuges pour la faune, les réserves indiennes, les bases et les réserves militaires, comprises dans les terres incultes, les forêts et les terres agricoles, composent environ 11 p. cent de la superficie.

C'est peu quand on constate qu'aux États-Unis près de 80 p. cent des terres sont dévolus à

Tableau 51
Utilisation du sol au Canada
(en milliers d'hectares)

Base de ressources foncières		Utilisations spéciales	
Zones agricoles	73 000	Transport	
		Voies ferrées	506
Foresterie		Autoroutes, routes et rues	2 590
Zones productives	207 900	Aéroports	613
Zones non productives	94 800	Transport maritime	44
Zones non classées	39 000		
		Exploitation minière	
Zones naturelles	503 700	Claims, concessions, baux	39 600
		Terres détériorées et ne pouvant servir à d'autres fins	285
Zones urbaines			
Construites	1 569		
Routes, parcs, ceintures vertes	1 831	Énergie	
		Concessions pétrolières (à terre)	65 600
Zones d'eau douce	75 516	Oléoducs	60
		Gazoducs	80
		Lignes de transmission	340
		Bassins d'amont	1 620
		Terres protégées	
		Parcs et réserves	39 590
		Aires de protection de la faune	56 879
		Réserves indiennes	2 927
		Bases et réserves militaires	
		Détenues en propriété	597
		Louées	1 206
TOTAL POUR LE CANADA	997 316		

Sources : Swan, 1978 ; Simpson-Lewis, 1979 ; Hamilton, 1980 et Welch, 1980



Installations de broyage et de concentration de minerai à la mine Gaspé, Murdochville (Qué.)
Photographie : George Hunter, fournie par : photothèque de l'ONF

l'agriculture et à l'exploitation forestière. Environ un cinquième est occupé par des cultures, un quart par des pâturages permanents ou naturels et un tiers par la forêt. Cette superficie est presque le double de celle dont dispose le Canada pour ses ressources renouvelables et, caractéristique plus importante encore, elle est soumise à des limitations beaucoup moins rigoureuses. Le mythe selon lequel le Canada, en tant que deuxième plus grand pays au monde, possède des ressources économiques illimitées n'a plus cours lorsque l'on s'aperçoit que ces ressources sont loin d'être inépuisables et que même, dans certains cas, elles se font rares.

En outre, si l'on se fie aux tendances qui ont vu jour ces deux dernières décennies, l'exploitation de certaines terres, dans l'avenir, sera en outre compromise pour diverses raisons comme : l'augmentation du nombre de terres protégées ou à utilisation restreinte ; la détérioration de la qualité du sol ; le changement de perception et d'attitude de la société à l'égard de la conservation et de la protection de l'environnement. Ces tendances seront étudiées dans les sections suivantes en fonction de leurs effets cumulatifs sur le futur développement minier au Canada.

UTILISATION DU SOL ET DÉTÉRIORATION DE SA QUALITÉ

La détérioration de la qualité du sol, par l'industrie minière — altération physique, dégradation chimique et perturbation biologique, esthétique et culturelle — est visible à des degrés divers dans tous les secteurs de l'activité humaine. Cette détérioration peut être soit locale, soit régionale. La dégradation du sol, dans son sens le plus large, comprend non seulement les causes artificielles mais également les phénomènes naturels. Un grand nombre des phénomènes naturels qui concourent à la dégradation du sol comme les inondations, l'érosion par le vent et l'eau, sont accélérés par l'exploitation et la mauvaise gestion ou par un mauvais aménagement foncier. La présente section a pour principal objectif de déceler les nouvelles tendances relatives à la détérioration de la qualité du sol qui découlent des pratiques antérieures de gestion et d'utilisation. L'étude de ces problèmes n'est pas exhaustive, mais elle servira néanmoins à montrer que la mauvaise utilisation du sol n'est pas exclusive à l'industrie minière. Elle attire l'attention sur le fait que la dégradation du sol présente de

nombreux aspects et qu'elle constitue un problème beaucoup plus vaste qu'on ne l'avait cru tout d'abord.

Cette détérioration de la qualité des terres consacrées aux usages traditionnels (exploitation forestière, agriculture, tourisme et loisirs) entraîne un désir grandissant de les protéger en résistant aux formes les plus directes et les plus visibles de perturbation, notamment l'exploitation des ressources énergétiques ou minières associée à l'altération permanente des terres.

AGRICULTURE

L'évaluation des ressources foncières effectuée dans le cadre de l'Inventaire des terres du Canada (ITC) révèle que seule une très faible portion peut être classée comme terres agricoles de choix (Simpson-Lewis et coll., 1979).

1° Moins de 14 p. cent du sol canadien a un potentiel agricole (classes 1 à 6).

2° Seulement 45 993 529 ha ou 5 p. cent du sol canadien peuvent être cultivés sans avoir à tenir compte de facteurs restrictifs sérieux (classes 1 à 3).

3° Près de 6,5 p. cent ou 59 192 983 ha comportent des facteurs restrictifs allant de sérieux à très sérieux sur le plan agricole (classes 4 et 5).

4° Ces chiffres laissent environ 2 p. cent ou 18 363 430 ha pouvant convenir seulement au pâturage (classe 6).

La majeure partie du sol inexploité mais ayant un potentiel agricole est actuellement boisée (en général, de classes 3 à 5). En 1976, seulement 67 168 202 ha de sol étaient cultivés, dont 35 p. cent sans avoir subi d'amélioration (Statistique Canada, 1977).

Pendant la dernière décennie, on s'est de plus en plus préoccupé des ressources en terres agricoles, plus particulièrement de la conversion des terres en général et de la qualité décroissante des terres agricoles restantes[21]. Les problèmes d'utilisation du sol, notamment dans le domaine agricole, ont été décrits ainsi :

« L'utilisation du sol, ainsi que les facteurs qui en déterminent le schéma, sont des domaines extrêmement complexes comportant des problèmes de perception, d'évolution historique, de conditions socio-économiques, géographiques, et d'évolution des aspirations des gens, tout cela dans un contexte de prise de décision politique. Comme dans tout domaine où interviennent autant d'intérêts variés, il existe une certaine discordance entre la gravité de la question des terres utilisées à des fins agricoles et les tendances des dix dernières années. Néanmoins, l'abandon des terres agricoles peu rentables, la fluctuation des prix au producteur et dans le commerce de détail, l'intensification de l'utilisation du sol, la baisse de la qualité du sol, la poussée des coûts de production, la marge réduite entre le coût et les prix, les changements démographiques, la vente des terres agricoles de première qualité pour les employer à des fins urbaines ou récréatives, les modifications climatiques et leurs conséquences possibles, tout cela se rattache aux terres agricoles. » (Simpson-Lewis et coll., 1979).

La question de la diminution des terres consacrées à l'agriculture a été bien étudiée par Gierman (1977), et ce problème est en grande partie attribuable à l'abandon des terres agricoles peu rentables et à la perte de terres de première qualité, au profit de l'urbanisation et des activités récréatives (Gierman, 1977 ; Manning et McCuaig, 1977 ; Neimanis, 1979).

Plus importants encore sont les changements profonds survenus dans la qualité du sol des terres agricoles. L'intensification de la monoculture au Canada a entraîné la perte de matières organiques (pouvant atteindre 40 ou 50 p. cent), a réduit la stabilité générale des sols et a provoqué une redistribution des eaux de surface et, par conséquent, une plus forte érosion du sol (Ketcheson et coll., 1979 ; Rennie, 1979 ; Siemens, 1979). Dans le bassin des Grands lacs, l'érosion et le transport des particules de sol arable sont également responsables dans une large mesure de la pollution par les phosphates en provenance des terres agricoles. L'agriculture est à l'origine de 25 p. cent de la charge totale de phosphates déversée dans les Grands lacs, et de près de 60 p. cent des charges totales dans les cours d'eau tributaires (Coote, 1980).

La qualité du sol dans la Région des Prairies de l'Ouest canadien s'est détériorée plus sérieusement que dans toute autre région du pays (Rennie, 1978 ; Vander Pluym, 1978). Les principales causes de cette détérioration sont la perte de matières organiques, la diminution de l'azote et un taux croissant de salinité du sol. D'après Rennie (1978, 1979), c'est la culture excessive (ensemencement de la terre pour la régénérer et retenir l'eau) tous les deux ans qui constitue le nœud du problème. En moyenne, 47 p.

[21] Certaines de ces préoccupations ont été traitées dans les publications suivantes : Williams, 1973 ; Pearson, 1975 ; Gierman, 1977 ; Kreuger, 1976 et 1978 ; IAC, 1975 ; IAC, 1979 ; Rennie et Ellis, 1978 ; Neimanis, 1979 ; Bentley, 1978. Pour des renseignements plus complets, consulter Simpson-Lewis et coll., 1979 ; Coote et coll., 1981 (sous presse).

cent des terres agricoles de la Saskatchewan étaient en jachère d'été (soit près de 40 p. cent de toutes les terres canadiennes cultivées). La jachère d'été, pratique dont l'origine remonte à la grande sécheresse qui a sévi au cours des années 1930, n'a plus pour objectif de retenir l'eau. Elle sert actuellement à raviver la fertilité du sol, à contrôler les mauvaises herbes ou, lorsque les céréales se vendent mal, à limiter la production. Le plus apparent de ces problèmes se manifeste dans les grandes plaines de l'Ouest par une infiltration excessive de sels directement causée par l'alternance de la monoculture (le blé) et de la jachère (Vander Pluym, 1978). En Saskatchewan, on estime que 2 000 000 ha de terres cultivées sont touchés, dont 400 000 le sont gravement (Johnson, 1979). En Alberta, il semble que 50 000 ha (22 p. cent) des terres irriguées soient touchées par une certaine forme de salinité (Vander Pluym, 1978). Rennie (1978) attribue tous ces problèmes au fait que les agriculteurs de la Saskatchewan ont épuisé le sol et lui ont restitué trop peu des substances nutritives qu'ils lui avaient enlevées.

Les préoccupations au sujet des terres agricoles canadiennes sont résumées dans le discours d'ouverture du Congrès international des sciences du sol qui s'est tenu à Edmonton en 1978.

« ..., la perte, pour l'agriculture, des terres de première qualité est plus répandue et plus grave dans les régions où se trouvent les meilleures terres agricoles du Canada, c'est-à-dire dans le sud de l'Ontario et les basses terres du Saint-Laurent.

Il va de soi que la perte de ces terres et leur remplacement par des terres de qualité inférieure aura tendance à faire monter les coûts de production. Les coûts des denrées alimentaires risquent d'augmenter à l'intérieur du pays et les acheteurs étrangers de produits agricoles canadiens seront de moins en moins en mesure de payer des prix élevés.

L'attitude du public à l'égard des inventaires et des évaluations des ressources terrestres par les scientifiques peut être comparée à certaines réactions actuelles à l'endroit de l'énergie. Ou bien les citoyens refusent en général de croire les spécialistes en la matière, ou bien ils ne tiennent pas compte des efforts visant à les informer de la détérioration rapide des ressources. Nul doute que nos descendants désavoueront notre gaspillage éhonté et notre abus des ressources agricoles pendant la seconde moitié du XX^e siècle. » (Bentley, 1978).

FORESTERIE

Les terres boisées couvrent une superficie totale de 3 400 000 km², dont 2 millions seulement sont exploitables à des fins commerciales ; une grande partie de cette réserve apparente ne peut être utilisée dans un but traditionnel en raison de l'éloignement, de la trop petite taille ou de la malformation des arbres, ou parce que boisée d'essences de faible valeur commerciale (Environnement Canada, 1979*d*). Les graves problèmes auxquels l'industrie doit faire face sont les pertes causées par les incendies, les maladies et les insectes, ainsi que la mauvaise gestion qui a considérablement réduit les peuplements rentables. On estime que les ravages attribuables aux insectes, aux maladies et aux incendies atteignent un volume presque égal (140 000 000 m³) à celui de la récolte annuelle commerciale de bois (Environnement Canada, 1979*d*). Les incendies détruisent annuellement en moyenne 809 400 ha de forêt. Selon les estimations, 75 p. cent des incendies sont causés par l'homme mais les incendies provoqués par la foudre représentent 50 p. cent de la superficie dévastée (Simpson-Lewis et coll., 1979).

La mauvaise gestion est de loin le facteur qui défavorise le plus lourdement la vitalité de la forêt canadienne.

« À moins que l'aménagement forestier ne devienne plus intensif, il est possible que l'effort actuel d'exploitation ne puisse être maintenu ou accru à l'avenir, même si la hausse des prix du bois permet d'exploiter une plus grande partie de la réserve actuelle. En voici les principales raisons : 1) L'abandon de terres forestières au profit de parcs, de réserves sauvages, de routes, et d'autres fins tout à fait étrangères à leur vocation forestière, réduisent la superficie pouvant être consacrée à la production de bois. 2) La répartition non équilibrée des classes d'âge des forêts canadiennes fait qu'il y aura une période où moins de forêts atteindront la maturité et où la quantité de bois exploitable diminuera, même si les zones surexploitées sont régénérées rapidement. 3) Une grande partie des terres boisées sont couvertes de buissons ou de peuplements de feuillus de piètre qualité, car le reboisement n'a pas été entrepris assez rapidement après la coupe ou les incendies. 4) Le rendement des peuplements de seconde venue peut être inférieur à celui des peuplements d'origine en raison d'une moins grande densité, de la présence d'espèces moins valables et de courtes révolutions, à moins qu'un aménagement forestier intensif ne soit entrepris. Disons-le encore, au Canada, le futur approvisionnement en bois dépend d'un aménagement forestier plus intensif. » (Environnement Canada, 1979*d*).

La superficie boisée productive insuffisamment repeuplée représente environ 12 p. cent et elle augmente de 193 000 ha par année (Morgenstern, 1978). Le retard aura plus que doublé d'ici quatorze ans, à moins que l'on applique les mesures nécessaires. Le problème est dû pour une bonne part au manque de fonds et de main-d'œuvre, et il est d'autant plus préoccupant que la vitalité du secteur

forestier a forcément une grande influence sur d'autres utilisations de la forêt, locales ou régionales, notamment celles reliées aux loisirs, au tourisme ou aux habitats de la faune.

Nombreuses sont les autres activités qui nuisent aux terres boisées. En Alberta, par exemple, les travaux d'exploitation et d'extraction de l'industrie pétrolière ont sur la forêt un impact plus néfaste que n'importe quelle autre activité. Les principales préoccupations dues à la perturbation des régions forestières par l'exploration minière et d'autres industries portent sur les points suivants :

- Grâce à un accès plus facile, l'homme peut traquer les animaux sauvages jusque dans leurs aires d'alimentation et de reproduction ; ceci donne prise à l'intensification de la chasse et de la pêche, l'emploi excessif de véhicules tous terrains, d'où la diminution de la valeur récréative de ces zones.

- L'érosion des sols et l'envasement des cours d'eau augmentent.

- La production de bois marchand de première qualité est perdue au moins pour une génération (80 ans), même avec un renouvellement rapide des peuplements, ce qui réduit la coupe globale permise. Ce problème soulève la question d'une gestion forestière appropriée, alors que la forêt est constamment perturbée par des activités exploratrices.

Le problème du choix entre les ressources à mettre en valeur dans une région donnée et entre une utilisation unique ou multiple devient de plus en plus crucial. Bien que moins des deux tiers du territoire forestier soit considéré comme rentable sur le plan commercial, l'importance de l'écoumène forestier par rapport à d'autres activités non commerciales est vitale. La forêt représente un cadre indispensable à une grande partie des loisirs de plein air et elle sert d'habitat aux poissons et aux animaux sauvages ; elle fournit également des aires de reproduction à un grand nombre d'espèces de poissons et d'animaux vivant sur le continent ou dans notre pays.

LOISIRS DE PLEIN AIR ET TOURISME

Nulle part ailleurs, au Canada, le problème de l'utilisation unique ou multiple des terres boisées ne se pose avec autant d'acuité que dans les régions où la beauté de la nature est à la base des activités récréatives et touristiques. Au cours des deux dernières décennies, l'homme jouissant de plus de loisirs et de revenus supérieurs, la population urbaine s'est mise à se déplacer davantage et à exiger des installations pour les activités de plein air. Ces activités sont extrêmement variées, allant des simples promenades en voiture sur des routes panoramiques, la natation, en passant par la navigation de plaisance, le camping, la randonnée pédestre, la chasse et pêche, aux activités plus spécialisées comme la descente de rivières en kayak, le ski et l'alpinisme. Toutes ces activités ont un point en commun : un besoin d'espace. Une bonne partie de cette exigence a été satisfaite par l'utilisation des forêts domaniales, de certaines terres privées et, plus particulièrement, des terres protégées comme les parcs, les réserves, les réserves fauniques et les zones naturelles.

Or, la plupart des terres à potentiel récréatif élevé se trouvent justement dans les régions forestières commerciales et les régions de pêche les plus accessibles qui sont situées dans les hautes terres, sur les collines ou les montagnes du Bouclier canadien, de la Cordillère et des Appalaches, en bordure des plaines agricoles ou des vallées. Dans cet écoumène forestier est installée une industrie touristique et de loisirs de plein air de plusieurs milliards de dollars. L'importance d'une gestion forestière adéquate pour cette industrie est soulignée dans les remarques suivantes sur la dégradation des forêts en Alberta.

> « *La régénération des terres boisées détériorées est une nécessité absolue. Non seulement il importe d'éviter l'épuisement progressif de ces terres mais les bassins hydrographiques, la production de bois d'œuvre et de fourrage, l'habitat des poissons et des animaux sauvages, ainsi que les caractéristiques esthétiques du paysage doivent être préservés ou, le cas échéant, remplacés. L'utilisation, dans un but récréatif, des terres forestières, surtout sur les pentes orientales des Rocheuses, se répand avec rapidité et occupe des espaces de plus en plus grands. Maintenir la qualité de ces aires récréatives devient l'un des principaux objectifs de la revalorisation.* » (Smart, 1977).

Cet exemple ne reflète pas uniquement la situation en Alberta mais aussi une préoccupation croissante partout au Canada où les loisirs de plein air jouent un rôle capital sur le plan économique local et régional. La pression la plus forte s'exerce sur les grands espaces accessibles dans un rayon de 160 à 240 km des centres urbains, surtout les rivages pour la navigation de plaisance, le mouillage et la mise à l'eau des embarcations. D'autres activités requièrent un paysage plus varié qui offre une vue panoramique, des habitats pour les poissons et les animaux sauvages, la possibilité de faire de l'alpinisme ou du ski.

Un aspect important de l'affectation de terres à des fins récréatives est l'assurance d'une rentabilité économique qui puisse justifier cette utilisation unique. Dans la majeure partie des cas, l'objectif consistera à attirer un plus grand nombre de touristes en mettant l'accent sur les mêmes attractions. Tout comme pour les loisirs de plein air, l'environnement doit être propre si l'on veut attirer le touriste. Par ailleurs, le tourisme peut être une source de revenus pour les terres protégées — réserves fauniques, parcs, monuments — mais la présence d'un trop grand nombre de visiteurs risque de mettre en péril la raison même pour laquelle les terres ont été protégées. La demande d'espaces à but récréatif, associée à l'attrait exercé sur les touristes par ces lieux peut avoir une influence notable sur la répartition des ressources en terres.

Le nombre croissant des activités de plein air a aussi des conséquences néfastes sur la qualité des terres boisées, et certaines de ces conséquences ont été signalées par le Conseil de l'environnement de l'Alberta (1979). L'exploration et l'exploitation accrues des ressources non renouvelables (pétrole, gaz et charbon) ont entraîné de nombreux problèmes. En effet, une plus grande facilité d'accès aux territoires éloignés a entraîné une surexploitation des lieux de pêche et de chasse et la traque des animaux sauvages. L'installation de profils sismiques a ralenti la restauration de la couverture végétale, et la circulation sur des routes d'accès mouillées a accéléré l'érosion du sol et l'envasement des cours d'eau. Toutefois, c'est aux compagnies bénéficiaires des ressources qu'incombe la tâche de restaurer le terrain et de réparer les dégâts, mais l'utilisation par d'autres intéressés des profils sismiques et des voies d'accès pour d'autres activités complique la répartition des responsabilités.

Il est peu probable que la détérioration de l'environnement que nous connaissons de nos jours aille en diminuant avec le temps, étant donné la demande toujours croissante en denrées alimentaires, facilités de logement, produits forestiers, facilités de transport et autres services connexes de notre société. Sous ces pressions constantes, la charge biotique utile du sol est menacée et il sera nécessaire, plus que jamais, d'instituer des mesures visant à protéger le milieu, afin d'assurer la viabilité de ces ressources. Ainsi, il sera de plus en plus difficile de faire accepter par le public des activités perturbatrices aussi visibles que l'exploitation minière, car elle n'est considérée ni comme un moyen de subsistance (sauf dans le cas des villes minières), ni comme un service quotidien essentiel, ni comme un élément de la production vitale d'aliments ou de fibres, ni comme partie d'un réseau de transport et de communication essentiel. Plus que toute autre activité, l'exploitation minière est décriée par le grand public qui réclame des mesures de protection et de revalorisation de l'environnement et même l'interdiction pure et simple d'utiliser certaines terres à cette fin. Pourtant, les méthodes traditionnelles de production d'aliments et de fibres et de l'industrie des services entraînent aussi des dégradations très sérieuses.

TERRES PROTÉGÉES OU À UTILISATION RESTREINTE

Parmi les nombreux problèmes auxquels se heurte un projet d'exploitation minière ou, en fait, tout autre projet d'envergure, il se peut que le terrain considéré ait déjà été classé, officiellement ou non, comme lieu protégé. Les territoires protégés font généralement partie de la catégorie des terres vulnérables ou des terres ayant un caractère unique et représentatif d'importance régionale ou nationale. Par caractère unique on entend qu'une terre ne peut pas être perturbée sans qu'il en résulte des effets négatifs et des dépenses. Les terres qui ne doivent pas être perturbées sont généralement définies

« *... comme des terres et des étendues d'eau qui, pour des raisons d'ordre biophysique, historique ou culturel sont considérées comme uniques, très productives, rares, fragiles, périssables ou qui, à l'état naturel, représentent une menace pour la santé, la sécurité et le bien-être de l'homme.* » (Mertes, 1978).

Selon les régions, les catégories de terres protégées n'ont pas les mêmes objectifs, les mêmes champ et méthode d'application, la même reconnaissance légale et la même permanence, particulièrement lorsque ces terres tombent sous plusieurs juridictions. Au Canada, les principales catégories se composent des parcs, des réserves, des terres fauniques protégées, des sites historiques et archéologiques, des sites du PBI et des réserves indiennes. Dans certains cas, une terre protégée n'a pas forcément une fonction exclusive ; ainsi, un parc peut en même temps être une réserve faunique.

PARCS, RÉSERVES ET SITES DÉSIGNÉS

Au Canada, 39 589 536 ha (4 p. cent du territoire total) sont consacrés aux parcs nationaux et provinciaux et aux réserves (tableau 52 et carte 21). Les parcs nationaux ont pour but de

Tableau 52
Superficie des parcs nationaux et provinciaux et des réserves indispensables à l'habitat de la faune* (en hectares)
(par province et territoire, 1976)

Province/Territoire	Parcs nationaux	Parcs provinciaux	Réserves	TOTAL
Terre-Neuve	233 907	739 191	34 067	1 007 165
Île-du-Prince-Édouard	1 813	1 275	1 345	4 433
Nouvelle-Écosse	133 206	1 888	6 597	141 691
Nouveau-Brunswick	43 124	21 526	—	64 650
Québec	114 040 +	8 898 460	4 054 656	3 067 156
Ontario	191 171	3 962 274	511 684	14 665 129
Manitoba	297 596	878 178	3 558	1 179 332
Saskatchewan	387 470	511 882	4 988	904 340
Alberta	5 301 044	651 386	80 200	6 032 630
Colombie-Britannique	444 296	4 539 874	—	4 984 170
Yukon	2 201 538	—	979 558	3 181 096
Territoires du Nord-Ouest	3 607 932	2 209	747 603 + +	4 357 744
CANADA	12 957 137	20 208 143	6 424 256	39 589 536

* Les Données extraites du Système de classification des parcs :

Classe A — aires sauvages (dimension minimale de 11 620 ha)

Classe C — aires à caractère unique ou monuments

Classe D — aires naturelles de loisirs (dimensions minimales de 202 ha)

Classe G — parcs et réserves pour les loisirs (banque de terres)

\+ Comprend le parc de la Gatineau, 35 613 ha, régi par la Commission de la capitale nationale.

\+ + Comprend East Arm, Grand lac des Esclaves, T. N-O., 740,753 ha.

Source : Simpson et coll., 1979

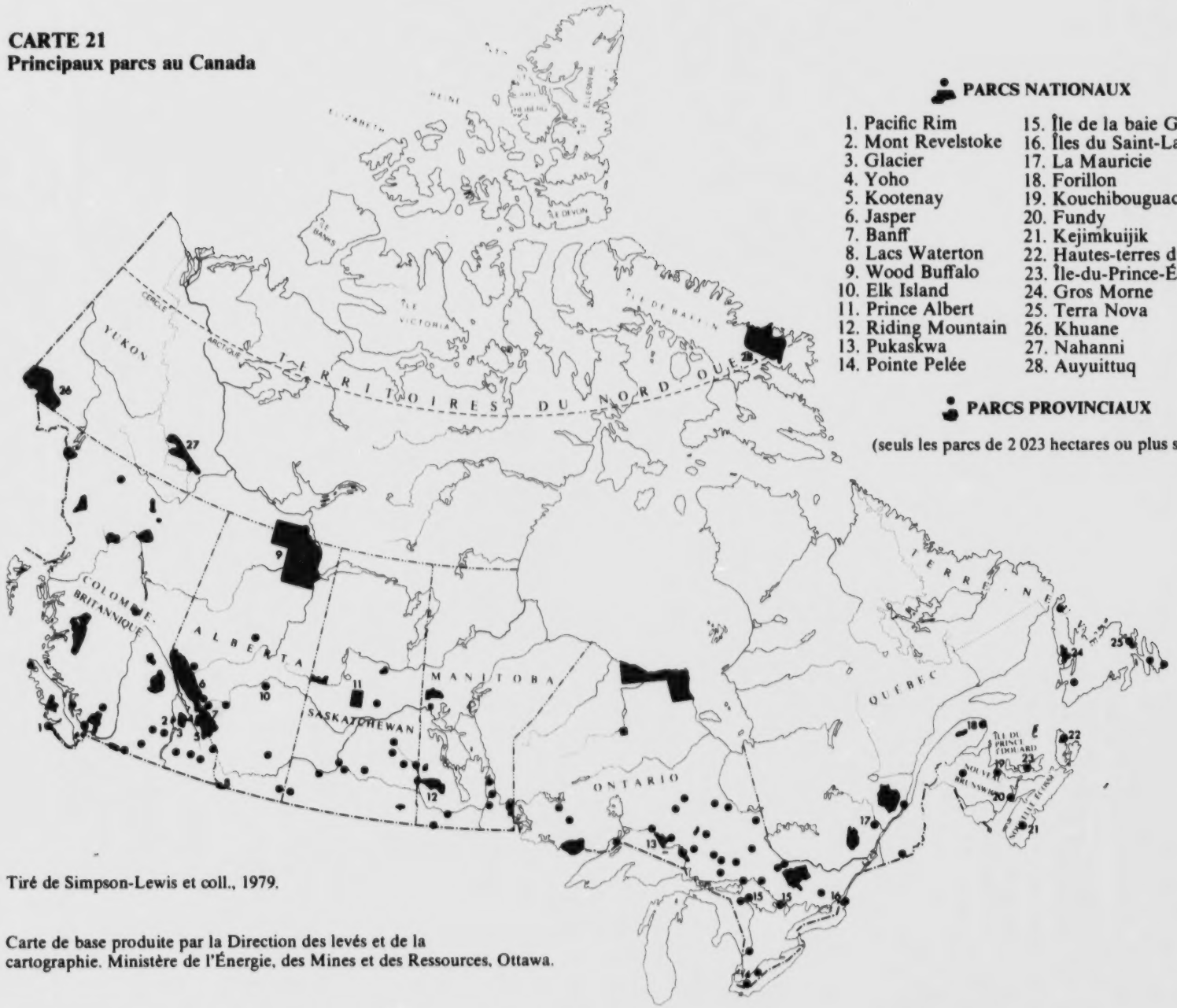
« *Préserver indéfiniment les aires naturelles à caractère typiquement canadien en les incorporant dans un réseau de parcs nationaux et favoriser chez le public la connaissance, l'appréciation et la jouissance de ce patrimoine de manière à le transmettre intact aux générations futures.* »

Quant aux parcs nationaux historiques, ils visent à

« *Conserver le souvenir des personnalités, des lieux et des événements d'importance historique nationale, dans le cadre d'un réseau de parcs historiques nationaux et favoriser chez le public la connaissance, l'appréciation et la jouissance du patrimoine historique afin de le léguer intact aux générations à venir.* » (Parcs Canada, 1979).

Le principal objectif des parcs nationaux est de réserver des terres à des fins récréatives, et certains sites à des fins scientifiques. Les activités permises dans les parcs varient considérablement d'une province à l'autre (Carlisle et Maini, 1974). Par exemple, l'Alberta possède plusieurs catégories de parcs (zone protégée, historique, ethnologique, archéologique, naturelle, récréative, route panoramique), qui, en fonction de leur utilisation, sont divisées en trois groupes : étude scientifique et loisirs, loisirs principalement et fonctions multiples. La coupe du bois dans un but commercial est interdite dans les parcs nationaux, bien qu'elle soit permise dans quelques parcs provinciaux sous réserve de respecter

CARTE 21
Principaux parcs au Canada



PARCS NATIONAUX

1. Pacific Rim
2. Mont Revelstoke
3. Glacier
4. Yoho
5. Kootenay
6. Jasper
7. Banff
8. Lacs Waterton
9. Wood Buffalo
10. Elk Island
11. Prince Albert
12. Riding Mountain
13. Pukaskwa
14. Pointe Pelée
15. Île de la baie Georgienne
16. Îles du Saint-Laurent
17. La Mauricie
18. Forillon
19. Kouchibouguac
20. Fundy
21. Kejimkujik
22. Hautes-terres du Cap-Breton
23. Île-du-Prince-Édouard
24. Gros Morne
25. Terra Nova
26. Khuane
27. Nahanni
28. Auyuittuq

PARCS PROVINCIAUX

(seuls les parcs de 2 023 hectares ou plus sont représentés)

Tiré de Simpson-Lewis et coll., 1979.

Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

les directives établies. Plus de 56 878 584 ha (environ 6 p. cent de la superficie du Canada) ont été réservés uniquement pour la protection de la faune (tableau 53, carte 22) dans plus de 600 zones protégées. La tendance à étendre la catégorie des terres protégées n'a pas diminué. Le Programme international de communautés biologiques terrestres, a participé avec les gouvernements provinciaux à l'établissement de 454 sites protégés et de 866 sites non protégés, le tout englobant une superficie de 11 337 714 ha (tableau 54).

La catégorie des terres non protégées destinées au public ou à la recherche illustre bien le cas des territoires qui jouissent d'un statut spécial à cause de leurs caractéristiques uniques, mais qui n'ont droit à aucune protection juridique particulière. Cependant, toutes propositions de changement dans l'utilisation de ces terres seraient contrées par les conservateurs de ces territoires et le public. Les sites historiques ou archéologiques appartenant à des particuliers ou à des associations privées, qui possèdent une valeur environnementale particulière quoique non officiellement reconnue, rentrent dans cette catégorie également.

Les propositions relatives à trois nouveaux types de terres protégées contenues dans un document récent sur la politique de Parcs Canada (1979), soulignent l'importance accordée à cette catégorie.

Tableau 53
Terres protégées pour la faune
(en hectares)

Province/Territoire	Superficie totale	Terres fédérales pour la faune	Terres provinciales et territoriales pour la faune	Total des terres pour la faune (fédérales / provinciales et territoriales)
Terre-Neuve	37 047 225	648	171 836	172 484
Île-du-Prince-Édouard	565 634	588	4 799	5 387
Nouvelle-Écosse	5 283 914	4 225	126 019	130 244
Nouveau-Brunswick	7 208 987	8 467	308 868	317 335
Québec	135 674 501	40 241	17 641 827	17 682 068
Ontario	89 116 387	40 084	2 952 703	2 992 787
Manitoba	54 847 607	63	2 898 221	2 898 284
Saskatchewan	57 024 936	73 662	863 714	937 376
Alberta	64 436 712	17 979	904 249	922 228
Colombie-Britannique	93 049 668	1 416	922 977	924 393
Yukon	53 182 561	—	1 101 820	1 101 820
Territoires du Nord-Ouest	324 627 908	10 160 188	18 633 942	28 794 130
CANADA	922 066 040	10 347 561	46 530 975	56 878 536

Source : Simpson-Lewis et coll ; 1979

Tableau 54
Statut et superficie des sites du PBI

Province/ Territoire	Aires protégées[1]		Aires non protégées		TOTAL	
	Nombre de sites du PBI	Dimension (hectares)	Nombre de sites du PBI	Dimension (hectares)	Nombre de sites du PBI	Dimension (hectares)
Terre-Neuve	18	352 160	49	302 006	67	654 166
Île-du-Prince-Édouard	11	9 481	62	12 980	73	22 461
Nouvelle-Écosse	11	726	17	8 150	28	8 876
Nouveau-Brunswick	3	119	12	3 056	15	3 175
Québec	—	—	25	52 375	25	52 375
Ontario	156	776 727	323	104 848	479	881 575
Manitoba	34	1 038 985	36	116 872	70	1 155 857
Saskatchewan	24	353 381	76	1 189 150	100	1 542 531
Alberta	147	2 511 587	50	111 420	197	2 623 007
Colombie-Britannique	43	116 199	173	499 474	216	615 673
Yukon	2	44,000	10	1 155 389	12	1 199 389
Territoires du Nord-Ouest	5	967 390	33	1 611 239	38	2 578 629
CANADA	454	6 170 755	866	5 166 959	1 320	11 337 714

1. Les aires désignées « protégées » peuvent comprendre des refuges fauniques fédéraux et provinciaux, des parcs nationaux et provinciaux et des réserves écologiques. Les sites comportant une partie « protégée » et une « non protégée » sont considérés comme des « aires jouissant d'un certain *statut* de Protection ».

Source : Simpson-Lewis et coll., 1979

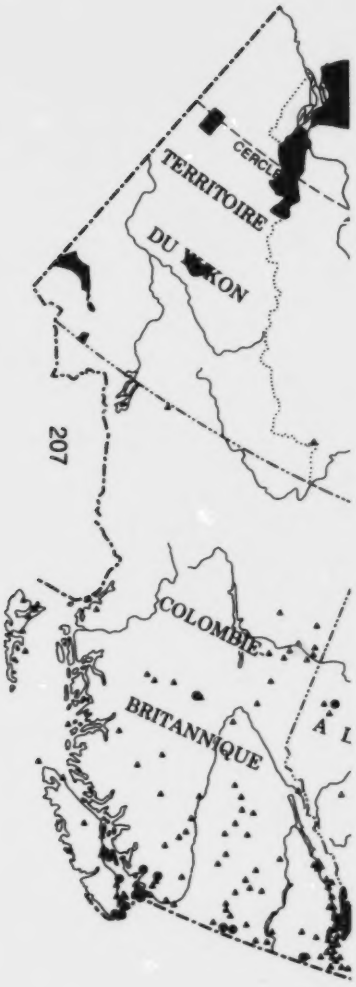
Ces propositions concernent : 1) les rivières du patrimoine canadien qui fournissent des spécimens remarquables de notre patrimoine naturel ; 2) le réseau des sites canadiens visant à protéger des sites naturels exceptionnels ; 3) les édifices historiques représentant le patrimoine architectural et culturel. Toutefois, après le nombre considérable de parcs nationaux créés à la fin des années 1960 et au début des années 1970, le rythme s'est ralenti et aucun changement n'est prévu dans les prochaines années. Le seul parc qui pourrait être créé dans un proche avenir est le « Grassland National Park » d'une superficie de 815 km², dans le sud de la Saskatchewan.

Une catégorie qui n'a pas de relation directe avec la protection mais qui comprend néanmoins des terres dont l'accès est limité, est celle des bases et des réserves militaires du gouvernement fédéral. Ces terres couvrent environ 1 850 000 ha (Swan, 1978).

RÉSERVES INDIENNES ET TERRES REVENDIQUÉES PAR LES AUTOCHTONES

La deuxième catégorie importante de terres protégées comprend les territoires des autochtones. Lors de traités signés entre 1871 et 1923, les Indiens renoncèrent à leurs droits sur les terres situées dans

CARTE 22
Secteurs de protection de la f



Tiré de Simpson-Lewis et coll., 1975

Carte de base produite par la Direct
cartographie. Ministère de l'Énergie

leau 54
cie des sites du PBI

Aires non protégées		TOTAL	
Nombre de sites du PBI	Dimension (hectares)	Nombre de sites du PBI	Dimension (hectares)
49	302 006	67	654 166
62	12 980	73	22 461
17	8 150	28	8 876
12	3 056	15	3 175
25	52 375	25	52 375
323	104 848	479	881 575
36	116 872	70	1 155 857
76	1 189 150	100	1 542 531
50	111 420	197	2 623 007
173	499 474	216	615 673
10	1 155 389	12	1 199 389
33	1 611 239	38	2 578 629
866	5 166 959	1 320	11 337 714

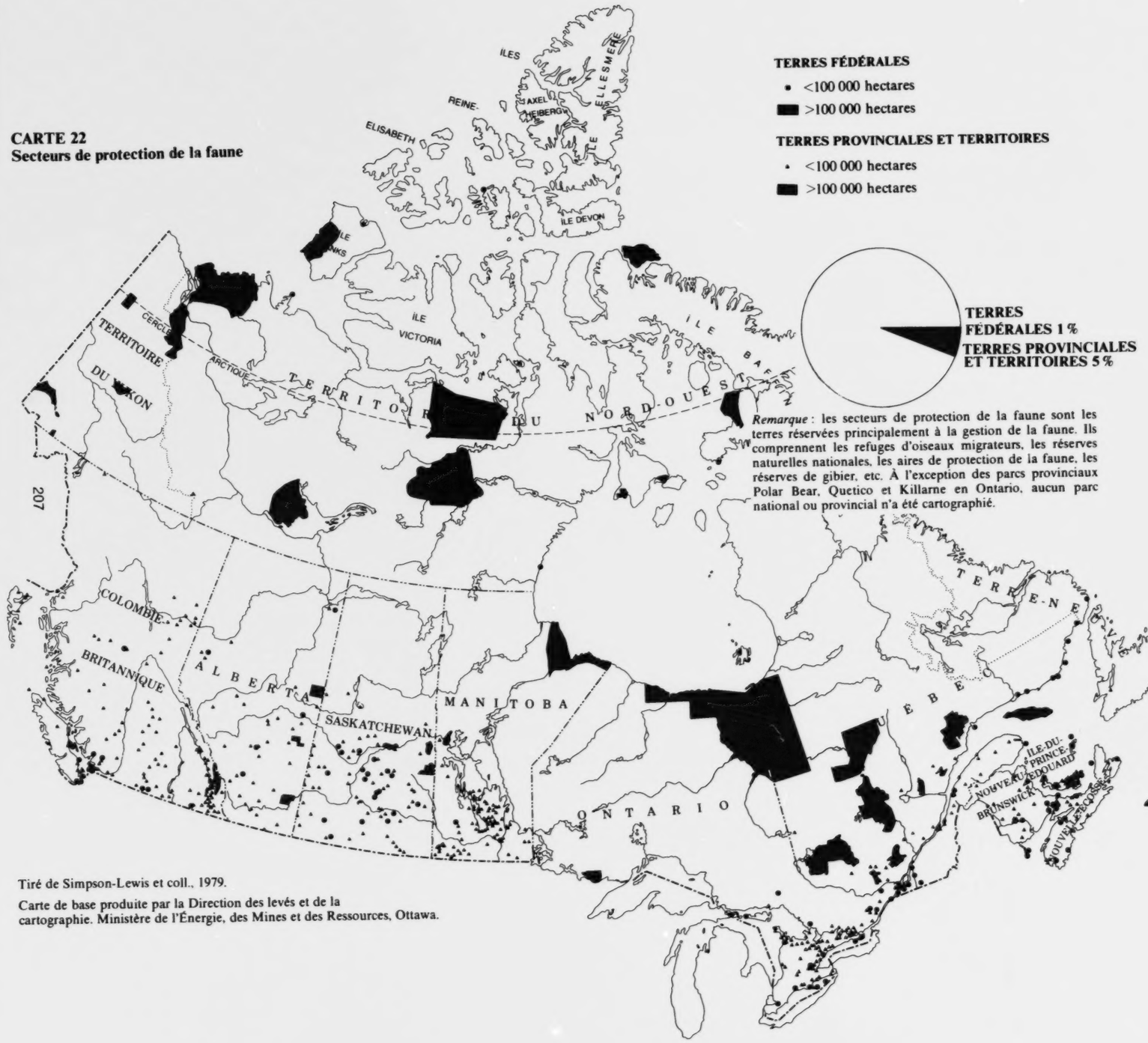
...iques federaux et provinciaux, des parcs nationaux et provin-...protegee » et une « non protegée » sont considerés comme des

Une categorie qui n'a pas de relation directe ...a protection mais qui comprend néanmoins des ...res dont l'acces est limité, est celle des bases et ...s reserves militaires du gouvernement fédéral. Ces ...res couvrent environ 1 850 000 ha (Swan, 1978).

ESERVES INDIENNES ET TERRES EVENDIQUÉES PAR LES AUTOCHTONES

...deuxieme catégorie importante de terres protégées ...mprend les territoires des autochtones. Lors des ...tes signés entre 1871 et 1923, les Indiens ...oncérent à leurs droits sur les terres situées dans

CARTE 22
Secteurs de protection de la faune



Remarque : les secteurs de protection de la faune sont les terres réservées principalement à la gestion de la faune. Ils comprennent les refuges d'oiseaux migrateurs, les réserves naturelles nationales, les aires de protection de la faune, les réserves de gibier, etc. À l'exception des parcs provinciaux Polar Bear, Quetico et Killarne en Ontario, aucun parc national ou provincial n'a été cartographié.

Tiré de Simpson-Lewis et coll., 1979.

Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

le nord de l'Ontario, au Manitoba, en Alberta, en Saskatchewan, dans le nord-est de la Colombie-Britannique et dans une partie des Territoires du Nord-Ouest et les ont transférées au gouvernement fédéral. En compensation, ces Indiens recevaient une rente annuelle et se voyaient réserver pour leur usage un territoire déterminé.

Cependant, des territoires importants furent omis de ces traités, à savoir le nord du Québec, le Yukon, la plus grande partie de la Colombie-Britannique et des Territoires du Nord-Ouest. Ce sont justement ces terres qui maintenant font l'objet des revendications des autochtones à cause des projets de mise en valeur des ressources et la venue de non autochtones dans ces territoires. Suite aux demandes de reconnaissance officielle des droits des autochtones sur ces terres et de compensation pour les pertes, le gouvernement fédéral formulait en août 1973 une politique sur les revendications des Indiens et des Inuits (ministères des Affaires indiennes et du Nord, 1973). Cette politique s'en tient essentiellement à la reconnaissance traditionnelle par les autorités coloniales, provinciales et nationales de certains droits des autochtones, à titre de premiers occupants de ces territoires. En résumé, la politique de 1973 contenait les éléments fondamentaux suivants :

— Elle réaffirme que les obligations légales envers les Indiens découlant des traités doivent être observées par la négociation de revendications particulières. En d'autres termes, le gouvernement continue de reconnaître la légitimité des griefs que les autochtones peuvent avoir au sujet de l'administration et de ses effets sur les Indiens et les réserves indiennes.

— Elle reconnaît l'existence des droits des autochtones dans certaines régions du Canada (notamment dans les Territoires du Nord-Ouest, le Yukon, le nord du Québec et la Colombie-Britannique) qui n'ont jamais été abolis par un traité ou annulés par une loi. Ces intérêts doivent être réglés par voie de négociation des revendications globales. (Le règlement peut comporter nombre d'éléments comme l'attribution de terres, une compensation financière, des droits de chasse et de pêche ou des mesures spéciales de protection de l'environnement.)

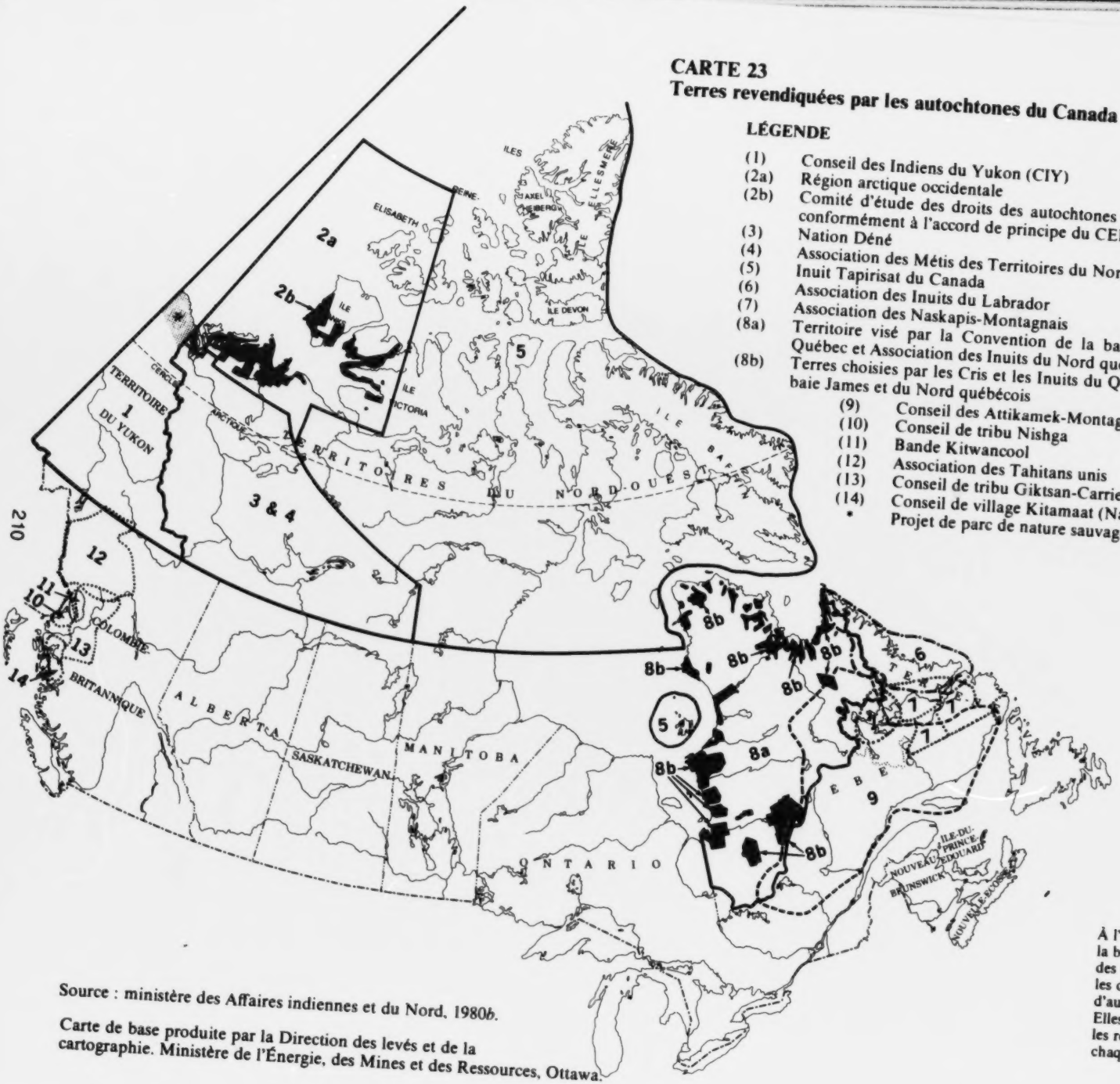
— Un service fédéral spécial, appelé le Bureau des revendications des autochtones de l'AIN, a été créé pour servir de point de contact avec les autochtones et d'organisme de coordination interministérielle pour faciliter le règlement tant des revendications particulières que des revendications globales.

Les revendications globales les plus importantes, en ce qui a trait à la superficie, et qui émanent des associations d'autochtones, figurent à la carte 23. Les zones indiquées sont une approximation des territoires auxquels s'intéressent les diverses associations d'autochtones. Certaines des questions importantes qui constituent le nœud des revendications globales en matière de règlement porteront sur l'accès aux nouveaux développements autorisés et leur nature. Il y a, entre autres :

- Les demandes de droits spéciaux de chasse, de pêche et de piégeage de toutes les espèces animales, y compris les poissons, les mammifères marins et les oiseaux migrateurs (point essentiel de toutes les revendications territoriales des autochtones).
- La protection de l'environnement sur toutes les terres qui sont la propriété inconditionnelle des autochtones.
- La réparation et la compensation de tous les dommages environnementaux consécutifs à des activités de mise en valeur.

Le premier règlement de ces revendications globales en vertu de la nouvelle politique remonte à novembre 1975 et s'appelle la Convention de la Baie James et du Nord québécois (loi promulguée en octobre 1977). Grâce à cette entente, les Cris ont obtenu le droit inconditionnel d'occuper 7735 km², avec des droits exclusifs de chasse, de piégeage et de pêche sur 62 096 km² additionnels. Les Inuit ont obtenu le droit inconditionnel d'occuper 8030 km², avec des droits exclusifs de chasse, de piégeage et de pêche sur un autre territoire de 82 530 km². Afin de garantir la réparation et la compensation des dommages à l'environnement, la Convention prévoit un processus détaillé d'évaluation et d'examen des impacts dans lequel les autochtones jouent un rôle consultatif important à tous les paliers de la prise de décision. L'accent est mis sur la nécessité de reconnaître les dégâts prévisibles avant qu'il ne soit trop tard. Des mesures préventives et correctives sont établies avant d'accorder l'autorisation des travaux de mise en valeur. Dans certains cas, les autochtones peuvent recevoir d'autres territoires en guise de compensation. Toutes les terres du Nord québécois qui sont tenues en fief simple par des autochtones sont sujettes à toutes les lois sur l'environnement ayant une application générale.

CARTE 23
Terres revendiquées par les autochtones du Canada



LÉGENDE

(1) Conseil des Indiens du Yukon (CIY)
(2a) Région arctique occidentale
(2b) Comité d'étude des droits des autochtones (CEDA) : terres choisies par le CEDA conformément à l'accord de principe du CEDA
(3) Nation Déné
(4) Association des Métis des Territoires du Nord-Ouest (AMTNO)
(5) Inuit Tapirisat du Canada
(6) Association des Inuits du Labrador
(7) Association des Naskapis-Montagnais
(8a) Territoire visé par la Convention de la baie James (Grand conseil des Cris du Québec et Association des Inuits du Nord québécois, Naskapis de Schefferville)
(8b) Terres choisies par les Cris et les Inuits du Québec en vertu de la Convention de la baie James et du Nord québécois
(9) Conseil des Attikamek-Montagnais
(10) Conseil de tribu Nishga
(11) Bande Kitwancool
(12) Association des Tahitans unis
(13) Conseil de tribu Giktsan-Carrier
(14) Conseil de village Kitamaat (Nation Haisla)
• Projet de parc de nature sauvage, nord du Yukon

Source : ministère des Affaires indiennes et du Nord, 1980*b*.

Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

À l'exception du territoire de la baie James, les délimitations des territoires revendiqués par les différentes associations d'autochtones sont approximatives. Elles seront précisées à mesure que les revendications particulières de chaque groupe seront réglées.

Le problème relatif au contrôle environnemental des terres qui éventuellement seront tenues en fief simple par des autochtones est épineux. Il tient au fait que, dans le Nord, la plupart des mesures de contrôle de l'environnement et l'utilisation des terres ne s'appliquent pas aux terres privées. Pour l'instant, il reste mineur, étant donné qu'une portion encore faible du territoire appartient à des intérêts privés. Cependant, il apparaît clairement qu'à la suite des futurs règlements de revendications territoriales, de 129 495 à 181 295 km² des Territoires du Nord-Ouest deviendront propriété inconditionnelle des autochtones et, de ce fait, ne seront plus soumis aux mesures de contrôle environnemental (telles qu'elles sont actuellement prévues par la Loi) comme le Règlement sur l'utilisation des zones territoriales ou le Processus d'évaluation et d'examen en matière d'environnement. Bien qu'on puisse faire valoir que les autochtones seront de bons administrateurs de ces terres parce qu'ils ont hautement conscience de la valeur de l'environnement, il n'en reste pas moins que, en tant que premiers bénéficiaires de la mise en valeur des terres, ils risqueront de faire face au même conflit d'intérêts que le ministère des Affaires indiennes et du Nord à l'heure actuelle, c'est-à-dire qu'ils auront la double responsabilité de mettre les ressources en valeur et de protéger l'environnement.

Les autochtones sont très conscients du fait que, de leur propre initiative, ils peuvent par mégarde accélérer la détérioration de l'environnement et de la productivité faunique et, par là même, nuire à la perpétuation de leur mode de vie traditionnel. C'est pourquoi ils proposent, dans la plupart de leurs revendications, un certain processus légalement applicable par lequel l'impact des activités de mise en valeur doit être défini, atténué et, en cas de détérioration écologique ou de pertes, réparé moyennant une compensation. Le processus de négociation et de règlement est très lent et, dans l'intervalle, des tensions considérables, voire même des conflits, peuvent naître entre les promoteurs de la mise en valeur des ressources, les groupes d'autochtones et les écologistes. L'ampleur de ces problèmes ou conflits dépend donc du rythme et de l'efficacité des négociations.

IMPORTANCE PAR RAPPORT À L'EXPLOITATION MINIÈRE

Même si les exploitations minières proposées ne sont pas à proximité d'un parc, d'une zone naturelle, d'une réserve indienne ou d'une agglomération d'autochtones, la perspective d'une menace pour l'environnement peut suffire à soulever des questions susceptibles de retarder ou même d'interdire l'exploration et l'exploitation. Nous commençons à peine à entrevoir l'ampleur des effets à long terme de certaines méthodes de gestion. Nous ignorons dans quelle mesure, à longue échéance, la terre peut absorber des perturbations, certains déchets ou la pollution atmosphérique et cette ignorance a fait naître des doutes et des craintes au sujet de l'installation de nouvelles mines, usines de smeltage, ou affineries. C'est pourquoi la seule présence de l'une de ces zones protégées dans le bassin hydrographique ou sous le vent d'une exploitation minière suffit à soulever un tollé général, ou à inciter les citoyens à réclamer une consultation publique ou l'abandon pur et simple du projet. Aussi les terres protégées ou d'utilisation restreinte peuvent-elles jouer un rôle sans commune mesure avec leurs dimensions réelles, en raison de leur multiplicité et de leur nombre. Elles peuvent mettre un frein à l'exploitation minière ou empêcher l'ouverture d'une mine comme cela s'est déjà vu. Pour les groupes d'autochtones, un projet d'exploitation peut être prétexte à un débat portant sur des revendications territoriales beaucoup plus étendues.

L'industrie minière au Canada est préoccupée par ce qui semble être une tendance à accroître la superficie des territoires sur lesquelles aucune utilisation n'est autorisée, ou à interdire l'exploration et la mise en valeur de certaines terres. Le Western Miner (1979) cite une série d'injonctions et de règlements limitant les activités d'exploration minière à un territoire de 130 000 km² dans la région de Baker Lake dans les Territoires du Nord-Ouest, ainsi que des propositions gouvernementales relatives à six zones protégées qui pourraient empêcher l'accès des sociétés minières à environ 50 p. cent des Territoires du Nord-Ouest. À cela vient s'ajouter le retrait de 38 850 km² dans le nord du Yukon pour la création, vers le milieu de l'année 1978, d'un parc naturel (Redpath, 1979). Le cas le plus récent est celui du moratoire d'une durée de sept ans sur l'exploration et l'exploitation des gisements d'uranium en Colombie-Britannique. Comme l'a déclaré le premier ministre William Bennett : « Il est évident que les citoyens de notre province ne sont pas encore disposés à accepter l'exploitation de l'uranium. » (Williamson, 1980).

Les partisans de l'accès sans contrainte à toutes les terres pour l'exploitation minière prétendent que :

« La plupart des techniques exploratoires n'ont aucun impact sur l'environnement ; à la rigueur, le forage entraînera un léger impact temporaire, moins d'ailleurs pour des raisons intrinsèques qu'à cause de la nécessité de construire des routes ou des héliports dans les régions

éloignées. Le creusage de tranchées, de gradins et de puits provoquera sans doute quelques bouleversements, mais ils sont facilement réparables par des moyens appropriés, même lorsque ces activités ont été pratiquées de manière intensive ; la raison profonde semble plutôt tenir au fait que, puisque l'exploitation minière risque de s'ensuivre, mieux vaut ignorer le contenu du sous-sol » (Minerals and the Environment, 1980).

La thèse à l'appui de l'accès sans contrainte est que l'aménagement et la gestion véritables en matière d'utilisation du sol ne peuvent être effectués qu'une fois confirmée l'existence de toutes les ressources possibles. L'industrie conteste la façon arbitraire d'attribuer une valeur à des zones et des parcs naturels sans tenir compte de leur valeur minérale possible. Pour la plupart des partisans de l'exploitation minière, il semble que :

« *... l'interdiction de l'exploration minière — c'est tout simplement admettre que, si des projets d'exploitation se concrétisent, l'appareil juridique et administratif est incapable de faire valoir les mérites de l'exploitation minière par rapport aux avantages des zones naturelles* ». (Minerals and the Environment, 1980).

Un récent document de travail du gouvernement canadien sur les relations entre l'industrie et le gouvernement au sujet des questions minières confirme que l'industrie réclame que seuls des motifs extrêmement sérieux interdisent l'accès des terres à l'exploration minière (Jeffery, 1981).

Les différents paliers de gouvernement sont donc confrontés à la difficulté de trouver un équilibre entre la nécessité d'exploiter les ressources et celle de conserver et de protéger la nature. Il est nécessaire d'avoir un certain mécanisme permettant d'arriver à une solution acceptable pour les diverses parties intéressées. Cela signifie qu'il faudra concilier les objectifs multiples d'un grand nombre d'organismes et de ministères relevant des divers paliers de gouvernement. Cette tâche deviendra de plus en plus ardue au cours des deux prochaines décennies, à mesure que s'intensifieront les pressions, d'une part pour obtenir davantage de parcs et de zones protégées et accroître la protection environnementale et, d'autre part, pour régler les revendications des autochtones et satisfaire la demande en ressources minières et énergétiques. Les questions de juridiction et de répartition des terres continueront à retenir l'attention des parties en cause et à jouer un rôle déterminant lorsqu'il s'agit de choisir entre des propositions d'utilisation des ressources foncières qui rentrent en conflit.

PERCEPTION ET ATTITUDE DU PUBLIC

On ne peut continuer à faire appel à nos ressources foncières limitées sans se poser la question des effets collectifs des activités humaines. On se soucie surtout des conséquences de plus en plus importantes de l'utilisation irréversible des ressources foncières pour des besoins de consommation comme l'habitation, l'énergie industrielle, l'exploitation minière, le transport et l'élimination des déchets. Jusqu'ici, l'utilisation du sol à des fins productives comme l'agriculture et l'industrie forestière était considérée comme ne détruisant pas les ressources foncières, mais tout porte à croire maintenant que la distinction traditionnelle entre les utilisations destructrices et non destructrices n'est plus valable. On s'inquiète maintenant de la détérioration des ressources foncières de base par des activités traditionnellement considérées comme n'étant pas destructrices. Même les activités récréatives et touristiques fondées sur des valeurs non destructrices comme la beauté des paysages, la faune, la forêt et le calme des grands espaces ont par la force des choses des effets destructeurs. Bien que le pourcentage de terres dont l'utilisation est destructrice soit assez faible, les effets cumulatifs sont tels qu'ils exercent une influence et une impression très forte sur le public. Ce dernier est de plus en plus conscient de l'utilisation du sol et des résultats des erreurs commises antérieurement dans ce domaine. De leur côté, les gestionnaires et les planificateurs conscients des erreurs commises dans le passé, tentent de ne pas les répéter ou d'en faire de nouvelles.

La réaction du public se manifeste par ses préoccupations à l'égard de la perte des terres agricoles, l'épuisement des forêts et des ressources énergétiques, la hausse du coût des terrains et de l'habitation, les revendications des autochtones et la détérioration accrue des zones vulnérables sur le plan écologique. De nombreux particuliers et groupes contestent maintenant les décisions antérieures et imminentes relatives à la répartition des terres. Cette tâche leur est facilitée par un recours plus fréquent aux évaluations des impacts environnementaux, aux consultations publiques et aux commissions royales d'enquête. L'introduction d'une série de règlements sur l'utilisation et le zonage du territoire a, au cours de la dernière décennie, constamment mobilisé l'attention à tous les paliers de gouvernement sur une question ou une autre ayant trait à l'utilisation du sol. L'action croissante des médias — articles et lettres dans les journaux, débats publics radiodiffusés et télévisés — sur ces enquêtes et sur les décisions

gouvernementales controversées a contribué à cet éveil et à cette prise de position de la part des citoyens.

Woodrow (1980) indique que le lent mouvement d'après-guerre en faveur de la conservation a gagné en force pour fusionner graduellement avec le mouvement écologique de la fin des années 1960 et du début des années 1970. Les taux élevés de croissance urbaine au cours de cette période, la hausse des salaires, la mobilité, un horaire moins long laissant plus de temps pour les loisirs, et la facilité d'accès ont accru la demande pour des milieux plus naturels et ont accentué la valeur des loisirs de plein air. La croissance urbaine rapide a stimulé l'intérêt pour les moyens de lutte contre la pollution et la protection de l'environnement. À tel point que, de nos jours, les organismes conservationnistes et écologiques jouent un rôle sans cesse plus important pour façonner les attitudes et la perception du public à l'égard des changements dans l'utilisation du territoire. Au Canada, le mouvement écologique compte bien au-delà de trois cents sociétés et organisations (Clements, 1974). Un grand nombre d'entre elles sont très bien structurées et de mieux en mieux connues à l'échelle nationale. Leur nom propre indique des intérêts et des préoccupations bien précis — Institut agricole du Canada, Association forestière canadienne, Comité des ressources arctiques canadiennes, Fédération canadienne de la faune, Association canadienne du droit de l'environnement et Association canadienne des parcs et loisirs — dans un secteur ou l'autre de nos ressources naturelles. En fait, de nombreuses autres associations locales et régionales surgissent en réponse à un projet ou un changement particulier dans l'utilisation des terres pour disparaître une fois la question réglée. Plusieurs de ces organismes ont établi des relations avec d'autres, qui vont des associations de consommateurs et des droits autochtones aux organisations syndicales, à propos d'une grande variété de questions sur l'écologie et les ressources. Dans ces circonstances, il ne faudra pas s'étonner si les décisions visant à trancher les problèmes écologiques soulevés par les nouveaux projets d'exploitation majeurs sont davantage influencées par l'interaction de ces groupes de pression, lors des consultations publiques et de l'examen des évaluations environnementales.

Compte tenu de la superficie extrêmement faible des terres directement perturbées par l'exploitation minière, il y a lieu de se demander si cette activité ne reçoit pas une attention tout à fait hors de proportion. Cette superficie semble insignifiante lorsqu'on la compare à la superficie totale du pays et à la portion du territoire consacré à d'autres utilisations destructrices. Mais, comme plus de la moitié de tout le sol directement perturbé ou utilisé par l'activité minière se situe dans les centres urbains ou à proximité, cela explique l'influence possible et disproportionnée exercée sur les citoyens en général. Au-delà de 75 p. cent de la population habite les centres urbains. C'est pourquoi chaque hectare de sol perturbé par l'exploitation minière — carrières et sablières notamment — gène bien davantage la vue que les milliers d'hectares bouleversés dans les régions éloignées et désertiques du Canada. Il ne faut donc pas s'étonner que les citoyens ne veuillent pas voir s'implanter dans leur quartier l'industrie minière, pas plus que des services essentiels aussi désagréables que les dépotoirs et les décharges pour les déchets ou produits chimiques toxiques. Personne ne veut avoir ce genre d'installation dans son voisinage. La crainte nourrie par les propriétaires de voir, pour cette raison, baisser la valeur des terres est un des facteurs déterminants de cette attitude. Les planificateurs estiment qu'un hectare de terre perturbée ou abandonnée peut entraîner à sa périphérie la création d'une « zone grise » de dix hectares (effets d'étalement) (Goodman et Bray, 1975).

À cet égard, un des problèmes majeurs que l'industrie minière devra affronter dans l'avenir sera de modifier l'image défavorable qu'elle projette sur le public. L'impression créée autrefois par l'exploitation minière et ses impacts environnementaux semble irrémédiablement gravée dans l'esprit des gens. Il semble que les tentatives que l'industrie minière a faites pour améliorer son image et se gagner les bonnes grâces du public n'ont donné que des résultats très relatifs. C'est cette perception générale de l'exploitation minière en tant que source de dégradation et de pollution qui a tellement attiré l'attention, sous la forme de réglementation gouvernementale en matière de zonage ou autre. Cette industrie se voit toujours confrontée à sa propre image chaque fois qu'elle apparaît dans une consultation ou un débat public. Puisque, à l'heure actuelle, l'évaluation des incidences environnementales et les consultations publiques sont devenues presque obligatoires avant d'entreprendre l'exploitation d'une mine, l'opinion des citoyens joue un rôle de plus en plus important dans la prise de décision.

Les normes relatives aux nouvelles exploitations se font encore plus rigoureuses, étant donné que la qualité de la vie et de l'environnement sont des questions sociales et économiques qui gagnent en importance. La situation est devenue

Mine de césium abandonnée à Bernic Lake (Man.)
Photographie : Chris Lund, fournie par : photothèque de l'ONF

considérablement plus complexe car les questions socio-économiques et politiques se combinent avec les questions plus traditionnelles relatives à la conservation et à l'environnement. Il est impossible désormais de ne pas tenir compte des liens qui existent entre la mise en valeur des ressources, l'environnement, le mode de vie et les valeurs institutionnelles.

Lors de récentes consultations de la Commission royale d'enquête en Colombie-Britannique sur la protection de la santé et de l'environnement dans les mines d'uranium (1980), une liste des principales questions soulevées à cette occasion a été dressée d'après le nombre de fois (énumérées ici entre parenthèses) où elles furent mentionnées :

1° Gestion des déchets, emmagasinage et élimination à long terme (85) ;

2° Effets de la radiation sur la santé (81) ;

3° Conflits en matière d'utilisation des terres et incidences économiques néfastes (62) ;

4° Méfiance à l'égard du gouvernement et des normes de réglementation (60) ;

5° Manque d'accès à l'information pour le public (55) ;

6° Intérêts commerciaux et préoccupations de l'homme (52) ;

7° Lourd dossier de l'exploitation minière et du gouvernement (46) ;

8° Problèmes de la réglementation et de son application (31).

Il est évident que la communauté scientifique, les législateurs et les représentants élus souffrent également du manque de confiance et des fortes pressions exercées pour que le public participe davantage à la prise de décision.

Les opinions des différents groupes de pression sont en parfait accord avec leurs principes fondamentaux, étant donné qu'il n'y a pas de moyen absolu de mesurer l'importance relative des divers problèmes écologiques. La façon dont chaque responsable de la prise de décision et chaque groupe de pression perçoit la situation est d'une importance capitale et son aptitude à arrêter une décision peut dépendre du degré de divergence d'idées sur les questions étudiées. Les différences de perception peuvent se situer sur un plan personnel ou, selon le palier d'autorité et l'échelon de la société, sur le plan local, régional, provincial ou national, et les associations ou groupes de pression, quoique sincères, sont souvent partisans.

Un exemple de la puissance de ces forces nous est fourni par les tentatives d'Eldorado Nucléaire Ltée pour établir une nouvelle raffinerie d'hexafluorure d'uranium. En 1975, cette société a commencé à envisager la possibilité d'installer une raffinerie en Saskatchewan. Sur les 14 emplacements étudiés, Eldorado jugea celui situé près de Warman comme le plus intéressant. En fait, il est situé à 23 km au nord-est de Saskatoon dans la municipalité rurale de Corman Park, à 5 km au sud-est de Warman et à 2 km à l'ouest de la rivière Saskatchewan-sud. L'emplacement proposé se trouve dans une zone agricole productive où vit l'un des plus nombreux et anciens groupes de Mennonites de cette province.

Eldorado Nucléaire Ltée, en tant que société d'État, soumet habituellement ses projets au processus d'évaluation et d'examen en matière d'environnement. Les directives pour établir l'évaluation des incidences environnementales ont été émises en juin 1976. En octobre 1979, Environnement Canada a créé une Commission d'évaluation environnementale pour examiner l'énoncé des incidences environnementales rédigé par la société Eldorado et recevoir les commentaires de toutes les parties intéressées. Les consultations publiques officielles ont débuté en janvier 1980 ; 336 personnes ont comparu devant la Commission et 201 ont présenté des mémoires (Environnement Canada, 1980).

Un bon tiers des groupes ou associations qui ont fait des interventions verbales ou écrites étaient affiliés à diverses organisations confessionnelles. En août 1980, la Commission a publié son rapport et déclaré qu'elle ne pouvait approuver le projet de raffinerie d'Eldorado sous sa forme actuelle. Elle a jugé l'emplacement acceptable par raport aux effets possibles sur l'environnement, mais elle ne pouvait appuyer le projet parce qu'elle n'était pas en mesure de déterminer ses répercussions sociales sur les habitants du voisinage (Environnement Canada, 1980). Plus précisément, les membres de la Commission ont signalé le manque d'informations relatives aux effets négatifs possibles de la raffinerie sur la communauté mennonite des environs de Warman. La Commission a recommandé de considérer l'une des trois options suivantes avant de prendre une décision :

« *1° Que la société Eldorado fournisse plus de renseignements sur les répercussions sociales éventuelles de la réalisation du projet à Warman, après quoi on procèdera à un examen public.*

2° Qu'on choisisse un ou plusieurs autres emplacements en Saskatchewan, qu'on évalue pour chacun d'eux les impacts, tant du point de vue social qu'environnemental, et qu'on soumette cette évaluation à un examen public.

3° Qu'on procède à l'évaluation et à l'examen d'un ou de plusieurs emplacements en Saskatchewan, soit comparativement à l'emplacement de Warman, soit conjointement avec ce dernier. Il s'agirait là en fait d'une combinaison des deux options précédentes. » (Environnement Canada, 1980).

En outre, la Commission estime que, dans le cas de la première option, il faut obtenir les informations suivantes avant qu'une raffinerie puisse être installée à Warman :

« a) *La mesure dans laquelle la présence de la raffinerie peut miner les croyances religieuses des habitants de l'agglomération et les conséquences que cela risque d'entraîner.*

b) *L'interprétation que l'on fait du concept de sauvegarde et l'importance de la présence de ce concept à l'échelle locale, la mesure dans laquelle il peut servir à lier les membres de la communauté, ainsi que les effets de la raffinerie, spécialement en ce qui a trait à l'élimination de déchets radioactifs.*

c) *Les effets de l'augmentation des contacts entre des gens de l'extérieur et les habitants de l'agglomération qui se font à la lumière de tendances récentes de la société, ainsi que les effets qu'aurait une raffinerie. Par la suite, il faudrait établir un lien avec les effets qu'aurait la raffinerie sur les activités sociales et culturelles des groupes ethniques.*

d) *La mesure dans laquelle la raffinerie proposée risquerait de diminuer le contrôle des institutions locales qui peut être un élément essentiel des groupes ethniques et religieux.*

e) *Les effets que peut avoir la raffinerie sur la zone de transition qui semble exister entre la société urbaine de Saskatoon et le groupe religieux et ethnique local.*

f) *Le rôle que la raffinerie peut jouer dans le ralentissement ou l'accélération des modifications en cours au sein des structures familiales et des relations parentales.*

g) *L'évolution de la structure professionnelle de la main-d'œuvre de l'agglomération et les effets que la raffinerie pourrait avoir sur celle-ci.*

h) *La mesure dans laquelle les activités agricoles constituent l'un des fondements importants de cette agglomération et la façon dont la raffinerie peut gêner ses activités.* » (Environnement Canada, 1980).

Après la décision de la Commission, le vice-président en charge des raffineries nucléaires d'Eldorado a exprimé, lors d'une entrevue avec un journaliste, les préoccupations de sa société au sujet de la modification des directives par la Commission, particulièrement le fait que rien, d'après les directives, n'exigeait une enquête sur les croyances religieuses ou autres de la population locale (Humphries et Rusk, 1980). Il a poursuivi son entretien en disant que la société ne savait plus très bien de quelle façon procéder avec ces questions sociales et a ajouté : « Je me demande qui est en mesure de déterminer la plupart de ces impacts perçus. Pratiquement toutes les questions soulevées de nos jours impliquent un jugement subjectif et je ne connais aucun critère qui permette de formuler un jugement subjectif. »

Le Conseil consultatif de l'environnement de la Saskatchewan fait remarquer dans son rapport pour l'année 1979-1980 que :

... « Les audiences de Warman ont davantage été un débat idéologique passionné qu'une évaluation objective du projet envisagé...

Abstraction faite de leur qualité, la majeure partie des mémoires traitaient de questions qui ne relevaient pas de la compétence de la Commission ».

Pendant les cinq années qui se sont écoulées entre la parution des directives pour l'évaluation des incidences environnementales et celle du rapport final de la Commission, ni la société ni la Commission n'auraient pu imaginer le degré de l'opposition qui allait surgir ou l'orientation que celle-ci allait suivre. Et contrairement à ce qui était à prévoir, les incidences possibles sur les terres agricoles ou la perte de ces dernières sont restées au second plan. Les préoccupations socio-religieuses ont rejoint le vaste mouvement antinucléaire, élargissant ainsi le débat au-delà des considérations locales et régionales. Le mot « uranium » est devenu à ce point associé à celui de « réacteur nucléaire » industriel que très souvent, lors des débats publics, les problèmes liés aux déchets d'uranium des mines et des usines soulèvent autant de passions que le raffinage de l'uranium et l'utilisation des réacteurs. En fait, la Commission a consacré la majeure partie des consultations à entendre des mémoires qui traitaient des aspects moraux et mondiaux de l'industrie nucléaire, questions qui n'entraient pas dans le cadre de ses attributions (Conseil consultatif de l'environnement de la Saskatchewan, 1980).

La société Eldorado s'était déjà vu refuser un projet de raffinerie à Port Granby (Ontario) principalement pour des motifs d'ordre agricole (Environnement Canada, 1979*e*). En l'occurrence, l'emplacement proposé se trouvait sur des terres agricoles d'excellente qualité et le projet entrait en conflit avec les projets régionaux. La perte de terres agricoles de qualité dans le sud ontarien avait déjà suscité suffisamment d'opposition et de préoccupations. On redoutait que la tendance à sacrifier ces terres provoque une sorte de réaction en chaîne, avec des répercussions sur le coût des terrains, le mode de vie et le caractère général de la région (Environnement Canada, 1979*e*).

Même si l'exemple de la raffinerie d'uranium constitue un cas particulier, il montre bien malgré tout l'état d'esprit qui prévaut de nos jours à l'endroit des nouveaux projets de mise en valeur. Il est certain que les responsables de l'évaluation des incidences environnementales devront considérer plus sérieusement et définir plus clairement les facteurs socio-économiques et ceux associés à la qualité de la vie qui doivent être étudiés. Jusqu'à maintenant, le processus a surtout été orienté vers les retombées écologiques. Les organismes chargés d'examiner les incidences et les promoteurs de nouveaux projets ne peuvent plus jeter leur dévolu sur un seul emplacement et ignorer les autres solutions possibles. Quoique les coûts liés à l'évaluation des incidences et des consultations soient considérables, le fait de ne pas avoir prévu de solutions de rechange peut coûter bien davantage en temps. Cette observation applicable dans le cas de certaines usines d'enrichissement et de la plupart des affineries, n'est pas valable pour les projets d'extraction minière car il y a rarement d'autres emplacements possibles.

Dans le cas d'études pour de nouvelles exploitations minières, la conciliation des intérêts s'avère souvent impossible, ou bien il faut faire des compromis au détriment de l'une ou l'autre des ressources. Cela est particulièrement vrai pour les mines situées dans une région sauvage vulnérable comme les zones d'habitat de la faune, les aires protégées qui ont une grande valeur récréative et les terres agricoles de première qualité. La Commission sur l'exploitation minière et l'environnement du Royaume-Uni (Royaume-Uni, 1972) a mis en évidence dans les termes suivants le dilemme résultant des études environnementales relatives à tout nouveau projet :

« Certains soutiennent qu'une distinction pourrait être établie entre les emplacements qui, en raison de leur valeur archéologique ou historique, ou de certaines caractéristiques écologiques exceptionnelles, ne peuvent être restaurés ou remplacés une fois qu'ils ont été exploités, et les emplacements dont les caractéristiques panoramiques particulières pourraient théoriquement être recréées, ou relocalisées, si l'on dispose d'assez de temps, ainsi que des techniques et des ressources nécessaires. D'autres s'opposent à cette idée et jugent qu'un paysage magnifique est irremplaçable même en ayant recours à toutes les techniques modernes de remise en état.

Il semble que toute tentative de séparer en ces deux catégories les régions dont le sous-sol est exploitable soit vouée à l'échec en raison de la diversité considérable des intérêts relatifs à l'environnement et à l'agrément. D'un côté, nous aurons l'amateur enthousiaste qui soutiendra que certaines espèces de plantes sauvages sont d'une rareté extrême et qu'elles disparaîtront si la région où elles poussent est exploitée. Dans ce cas, l'avis d'un expert scientifique serait sollicité pour confirmer ou infirmer cette opinion. D'un autre côté, nous aurons la personne qui proteste parce que le projet lui enlèvera la vue splendide qu'elle a de ses fenêtres. Et là, aucun expert, si compétent soit-il, ne pourra la faire changer d'avis. Lorsqu'il s'agit d'environnement, il faut admettre que nous nous trouvons confrontés à la fois à des questions de fait et à des questions de valeur. Les premières peuvent habituellement être résolues, mais jamais les secondes. Voilà le dilemme auquel nous avons constamment dû faire face au cours de nos études ».

Il n'est plus possible de traiter les questions mettant en cause l'écologie, en laissant de côté l'environnement socio-économique et politique. Les problèmes environnementaux sont enracinés dans notre société et ses institutions. Dorénavant, les liens entre la mise en valeur, l'environnement, le mode de vie et les valeurs institutionnelles auront des conséquences d'une très grande portée pour toute industrie minière. Les limites dans lesquelles les gouvernements et les autres protagonistes devront agir seront souvent déterminées par les attitudes et les opinions des citoyens. D'ailleurs, il n'est guère probable que les évaluations techniques de l'environnement, même faites dans un esprit indépendant et objectif, et les études de rentabilité suffiront à l'avenir pour autoriser la réalisation de nouveaux projets.

CONFLITS EN MATIÈRE D'UTILISATION DU SOL

Au Canada, les problèmes et les conflits relatifs à l'utilisation du sol se rangent souvent dans l'une ou plusieurs des catégories générales suivantes :

1° Les conflits dus au fait qu'un ou plusieurs promoteurs visent la même parcelle de terre, par exemple la mine de charbon à ciel ouvert et les terres agricoles dans les prairies en Saskatchewan ou en Alberta.

2° Les conflits dus au fait que l'utilisation particulière d'une certaine parcelle de terre nuit à l'utilisation des terres adjacentes. Ce problème soulève la question de compatibilité et d'incompatibilité des utilisations, par exemple l'incidence des déchets de minerais métallifères sur les ressources en eau avoisinantes, et sur la pêche en particulier.

3° Les conflits dus au fait que certains veulent exploiter une ressource minérale ou énergétique et que d'autres souhaitent conserver à l'environnement son état originel par des moyens de conservation et de protection comme l'établissement de parcs ou de réserves naturels.

Ces catégories ne s'excluent pas mutuellement et bien souvent deux d'entre elles, ou même les trois, peuvent se retrouver dans le même cas. Cet état de fait se répète de plus en plus fréquemment depuis quelques années avec le nombre croissant d'évaluations des incidences environnementales et de consultations publiques. La propriété et la juridiction sont les deux facteurs qui déterminent les moyens de résoudre les conflits relatifs à l'utilisation des terres. Aussi la répartition et la gestion des ressources foncières peuvent-elles compliquer davantage tout conflit ou difficulté. En fait, les problèmes de juridiction entre les organismes ou les paliers de gouvernement peuvent aggraver la situation et même être à l'origine d'un autre conflit.

RIVALITÉ POUR OBTENIR LA MÊME PARCELLE

C'est entre les promoteurs d'une nouvelle exploitation minière et les fermiers installés sur des terres agricoles que la rivalité est souvent la plus âpre. Tel est tout particulièrement le cas lorsqu'il existe des gisements de charbon relativement peu profonds, plats ou en pente douce. Un exemple typique de ce genre de conflit nous est fourni par la tentative de réalisation du *Camrose Riley Power Project* au sud-est d'Edmonton, qui porte sur une mine de charbon à Roundhill et une centrale thermique à Dodds. Le site minier envisagé se trouvait au centre de certaines des plus belles terres agricoles de l'Alberta. Entre 1982 et 2026, 14 165 ha auraient pu être exploités, mais jamais plus de 1335 ha l'auraient été à la fois. En outre, 1215 ha auraient été irrémédiablement perdus pour les étangs de refroidissement de la centrale thermique, tandis que l'eau de source aurait été amenée de la rivière Saskatchewan-Nord par des canalisations sur 95 km. Cette centrale aurait été la plus grande de l'Ouest canadien avec une capacité installée de 225 MW. L'opposition à ce projet est venue de la part de 125 familles qui estimaient que la mine à ciel ouvert causerait des dégâts permanents à une grande portion de terres agricoles rentables et que, jusqu'à maintenant, personne n'a pu prouver que les terres pourraient retrouver un jour leur niveau de production antérieur à l'exploitation minière. Or, à l'époque (1976), c'était une exigence de la nouvelle politique de la province en matière d'exploitation du charbon. De plus, les préoccupations des agriculteurs relatives aux perturbations causées aux eaux souterraines et à l'incapacité de résoudre les difficultés inhérentes aux couches défavorables de sols (dépôts sodiques et débris d'assise rocheuse dominant dans tout le sud des Prairies) lors du processus de remise en état n'ont fait qu'accentuer les incertitudes. De son côté, le député de cette circonscription provinciale a fait valoir la nécessité de préserver les meilleures terres agricoles de l'Alberta en prévision des fortes demandes de denrées alimentaires qui se feront sentir dans le monde au cours des cinquante prochaines années (Globe and Mail, 1976). Il estimait qu'à longue échéance, les revenus provenant de la production agricole seraient plus avantageux. Tous les groupes opposés à l'exploitation d'une mine soutenaient qu'il existait de nombreux autres gisements de charbon économiquement rentables mais sur des terres moins productives et que c'est eux qu'on devrait d'abord considérer. En fait, plusieurs autres villes ont manifesté leur intérêt à l'égard de ce projet. Le projet *Camrose Riley* constitue le premier cas de mise à l'épreuve de la nouvelle politique d'exploitation du charbon du gouvernement albertain (gouvernement de l'Alberta, 1976). Sous les pressions exercées en faveur de la protection de la rentabilité des terres agricoles, le projet fut rejeté à l'automne de 1976. En guise de solution de remplacement, la province a approuvé, en novembre 1976, l'expansion d'une mine existant dans la région de Keephills au sud-ouest d'Edmonton. À l'époque, il était encore difficile de prouver que les terres exploitées pouvaient être remises en état de façon à retrouver leur niveau de production antérieur. La province commençait à peine à constater les premiers effets de sa nouvelle loi, *Lands Surface Conservation and Reclamation Act* (1974), sur les mines en cours d'exploitation et par l'intermédiaire de ses programmes de nettoyage des mines abandonnées. Les recherches sur la remise en état portaient encore plutôt sur la restauration de la couverture végétale que sur le rangement sélectif des matériaux et la restauration des réseaux de drainage et des eaux souterraines, qui devaient débuter dans la seconde moitié des années 1970.

En Alberta, l'attribution des terres pour l'exploitation à ciel ouvert posera probablement des problèmes à long terme, étant donné que 49 p. cent de tous les gisements de charbon de cette province se situent sous des terres agricoles. Qui plus est, 63 p. cent des gisements se trouvent dans les plaines du centre et du sud (LRZ II-3) et les deux tiers, sous des terres arables de première qualité (catégories 1 à 4 de

l'ITC - potentiel agricole), représentant une superficie de 523 270 ha (Hermans et Goettel, 1980). D'après les estimations, jusqu'à 13 p. cent de cette superficie pourraient être perturbés si tous les projets d'exploitation houillère (centrales thermiques, industries gazière et pétrochimique) devaient être réalisés au cours des vingt-cinq prochaines années. Ces chiffres ne tiennent pas compte des besoins supplémentaires en terres pour l'infrastructure — routes, voies ferrées, expansion des services communautaires, industries auxiliaires, etc. — et ils pourraient être augmentés de 50 à 100 p. cent. L'expansion de l'exploitation minière à ciel ouvert dépend donc essentiellement de la mise au point de techniques de remise en état qui permettent de reconstituer les terres agricoles. Dans sa recherche, la province a donné la priorité à cette question et, dans l'intervalle, la mise en valeur de nombreuses régions a été retardée jusqu'à ce que l'on trouve des solutions satisfaisantes. Une grande partie du conflit relatif à la mise en valeur des terres agricoles vient du fait que l'industrie juge que la définition de remise en état contenue dans la loi *(Land Surface Conservation and Reclamation Act)* est trop restrictive. Cette question peut à l'avenir prendre beaucoup d'importance si les recherches sur la remise en état ne donnent pas les résultats espérés. Entre temps, nombre d'exploitations houillères existantes ont été autorisées en présumant que les terres pouvaient être remises en état. Pour l'instant, les expériences de restitution à la production agricole des terres exploitées restent encore limitées.

Ce problème n'est pas exclusif à l'Alberta. Des difficultés analogues guettent les gisements d'Estevan en Saskatchewan (voir le chapitre 5 sur le site de la rivière Poplar). Les recherches effectuées sur les emplacements perturbés dans les régions montagneuses du nord-est de la Colombie-Britannique montrent que la restauration de la couverture végétale au-delà de la limite forestière restera très difficile sans l'emploi constant de fertilisants (Errington, 1979).

Sur un plan plus vaste, les propositions pour créer un parc national dans les prairies du sud de la Saskatchewan en sont toujours au stade des négociations entre les gouvernements provincial et fédéral. Le parc d'une superficie totale de 85 470 ha serait divisé en deux parties, l'une près de Val Marie et l'autre à Killdeer, qui seraient reliées par une route panoramique. Toutefois, avant de poursuivre les

Exploitation en découverte d'une mine de charbon à Estevan (Sask.)
Photographie : Crombie McNeill, fournie par : photothèque de l'ONF

démarches et d'affecter une telle superficie uniquement à des fins de conservation et de loisirs, les terres contenant d'importants gisements de charbon ont été exclues et un programme de prospection pétrolière et gazière doit être mené à terme dans la section occidentale. Les mesures de précaution adoptées par la province dans sa planification à long terme se sont avérées nécessaires, compte tenu des expériences antérieures en matière de parcs ou de réserves sauvages au Canada. En effet, aucune exploitation minière n'est permise dans les parcs nationaux, à l'exception de carrières de sable et de gravier localisées, et il est extrêmement difficile de soustraire certaines terres à un territoire désigné comme lieu de conservation et de loisirs afin de mettre leurs ressources en valeur. C'est pourquoi il importe de prévenir tous les conflits éventuels relatifs à la nécessité d'exploiter les réserves souterraines de charbon, de pétrole et de gaz.

Par rapport à l'exploitation houillère dans les Prairies, l'industrie des granulats (sable, gravier et pierre concassée) fait face à un problème beaucoup plus sérieux. En effet, non seulement les carrières sont très visibles, mais encore elles doivent se trouver à proximité des principaux marchés, c'est-à-dire les grands centres urbains. La population a formulé des objections contre la circulation intense de camions, le bruit, la poussière, les vibrations, les dommages causés à l'environnement physique et biotique, la pollution de l'eau, le caractère inesthétique et le fait que les terrains n'étaient pas remis en état[22]. Les problèmes associés au secteur des granulats de l'industrie minière ont débuté avec la croissance rapide des régions urbaines, particulièrement dans le centre du pays. Les conflits sont nés des rivalités pour l'utilisation du sol par le secteur industriel des granulats, la construction urbaine (résidentielle, commerciale et industrielle), les loisirs et l'agriculture et les groupes écologiques partisans de la protection absolue de l'environnement. Certains des débats les plus passionnés sur cette question se sont déroulés en Ontario entre le gouvernement, le public et l'industrie. Au cours de la dernière décennie, la province de l'Ontario s'est occupée activement d'élaborer une nouvelle loi pour résoudre ou tout au moins atténuer les problèmes écologiques, sociaux et de mise en valeur liés à la production des granulats. Québec a adopté en 1977 son premier règlement sur les carrières et les sablières en vertu de la Loi de la qualité de l'environnement (1972), en réponse à ce genre de questions. Le règlement exige une autorisation municipale et la remise en état du terrain dans l'année qui suit la cessation des activités, ainsi que le dépôt d'une garantie de 4000 à 5000 dollars par hectare.

Bien que les conditions existant actuellement en Ontario ne se retrouvent pas forcément dans les autres provinces, elles n'en illustrent pas moins des situations qui peuvent se produire dans les régions densément peuplées d'autres provinces (Barnett, 1977). La situation en Ontario fournit un excellent exemple de ce genre de problème.

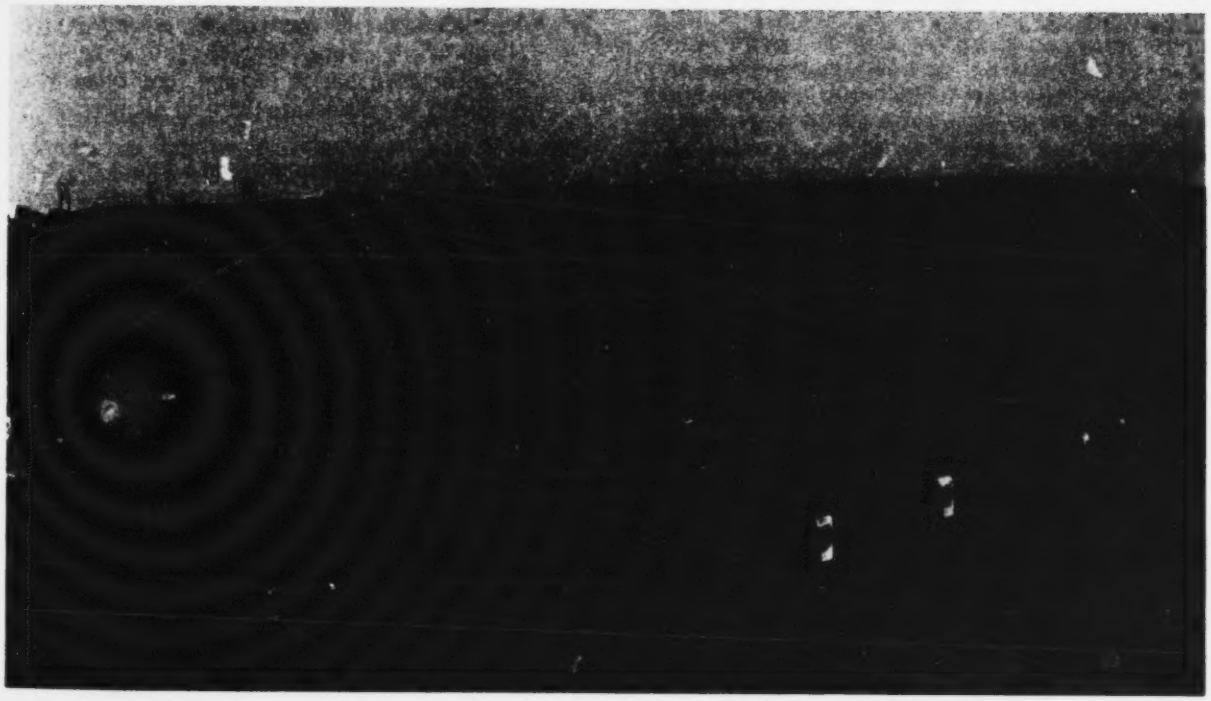
Lorsqu'elle fut votée, la Loi sur la réglementation des carrières et sablières (1971) avait pour but d'établir des règlements qui accéléreraient la remise en état des terres et minimiseraient les incidences environnementales causées par les carrières et les sablières de la province, et garantiraient en même temps que les besoins en granulats de la province seraient satisfaits sans avoir recours à des sources extérieures (gouvernement de l'Ontario, 1977). Vers 1975, les critiques à l'endroit de l'inefficacité de la Loi et les conflits naissants ont décidé le gouvernement à nommer un groupe de travail pour examiner cette industrie, ainsi que les préoccupations écologiques et sociales des municipalités et des citoyens relativement à la production des granulats. Le groupe de travail a signalé que, cinq ans après l'entrée en vigueur de la Loi, non seulement des conflits existaient encore mais que leur nombre continuait d'augmenter (gouvernement de l'Ontario, 1977).

Dans l'introduction de son rapport, le groupe de travail expose ses principales conclusions, dont celles-ci :

> « 2. *Bien que d'une manière générale le public de cette province admette que l'extraction des granulats est nécessaire, il ne se préoccupe pas moins de veiller à ce que ses intérêts soient protégés.*
>
> 3. *On se préoccupe de l'existence d'une certaine cohérence dans l'application de la Loi : veiller à ce que celle-ci soit respectée et s'assurer que la demande est satisfaite équitablement à partir des sources provinciales disponibles.*
>
> 4. *La crédibilité du gouvernement est mise en doute pour les raisons suivantes :*
>
> *1) mauvaise application de la Loi*
> *2) faiblesses inhérentes à la Loi*
> *3) peu de preuves jusqu'à maintenant que des terrains ont été remis en état.* » (gouvernement de l'Ontario, 1977).

[22] Les problèmes associés à l'industrie des granulats ont été traités par d'autres auteurs comme : Coates, 1972, 1975, 1976 ; McLellan, 1971, 1972, 1973, 1975 ; Yundt, 1969, 1975 et Jewett, 1976, 1977.

Sablière abandonnée au sud d'Ottawa (Ont.)
Photographie : Robert Audet, Environnement Canada



Cette sablière abandonnée sert maintenant de dépotoir
Photographie : Robert Audet, Environnement Canada

Afin de vérifier la situation décrite dans le rapport du groupe de travail, notamment en ce qui a trait à la quatrième conclusion, le ministère des Ressources naturelles a fait effectuer sous contrat une évaluation de l'efficacité de la Loi sur la réglementation des carrières et sablières (1971). En ordonnant cette étude, le ministère a signalé que « l'une des principales raison à l'origine du ressentiment généralisé de toutes les personnes concernées par cette industrie tient au fait qu'un grand nombre d'exploitants ne remettent pas convenablement en état les terres utilisées » (Coates et Scott, 1979).

Les résultats de l'étude indépendante ont confirmé une bonne partie de la situation décrite par le groupe de travail, pour aboutir à la conclusion que si les tendances actuelles persistent, l'avenir se présentera sous le jour suivant :

« — *La méthode de remise en état progressive qui consiste à extraire les minéraux et replacer les morts-terrains au fur et à mesure se généralisera de plus en plus.*

« — *Le meilleur travail sera généralement effectué par les gros exploitants sur des sites importants.*

« — *Les petits exploitants de petits gisements continueront de considérer le dépôt de garantie comme un impôt et n'utiliseront pas la méthode de remise en état progressive ou même, dans certains cas, n'effectueront pas du tout de remise en état.*

« — *La restauration de la couverture végétale avec une productivité biologique démontrable continuera d'être la solution la plus souvent choisie mais la productivité ne sera pas optimale en raison du manque d'intérêt pour la préparation appropriée du site, les techniques de plantation et l'entretien du site, etc.*

« — *Les techniques de plantation pour la remise en état et l'essor de la plantation ne s'amélioreront guère parce que les exploitants reçoivent une compensation financière directe insignifiante sur ces plantations, la Loi n'impose aucune norme de rendement et le gouvernement et l'industrie n'ont pour ainsi dire pas fait de recherche ou d'échange dans ce sens* » (Coates et Scott, 1979).

Les principales raisons qui peuvent inciter l'exploitant à pratiquer la remise en état sont les suivantes : la Loi, 35 p. cent ; l'opinion publique, 30 p. cent ; les avantages financiers, 20 p. cent.

Dans son rapport, le groupe de travail déplore en outre le manque de directives ou de renseignements précis de la part du gouvernement sur les techniques de remise en état, pour permettre à l'industrie de se conformer aux règlements. Cette critique a poussé le ministère des Ressources naturelles à ordonner un certain nombre d'études pour fournir des conseils plus détaillés aux exploitants et mettre au point des plans de remise en état des sites abandonnés (McLellan et coll., 1979 ; Lowe, 1979).

Le rapport contient 64 recommandations destinées à apporter des modifications à la Loi sur la réglementation des carrières et sablières et, après un examen effectué par un grand nombre d'intéressés, le cabinet provincial a adopté des lignes directrices importantes en matière de politique en se fondant sur le rapport et les enquêtes publiques (Yundt et Messerschmidt, 1979). Ces lignes directrices sont à la base du projet de loi 127 sur les granulats *(Aggregate Act)* qui est passé en première lecture le 14 juin 1979 (gouvernement de l'Ontario, 1979). Les modifications les plus importantes sont résumées ci-dessous :

- Exiger la remise en état des carrières et des sablières sur toutes les terres privées et publiques.
- Toutes les demandes de permis (plans de situation) doivent être conformes aux règlements sur les secteurs réglementés appropriés.
- Toutes les autorisations accordées par le ministre doivent être examinées par les autorités de la municipalité ou du comté approprié, dans les 45 jours suivant l'acceptation par le ministre. Les objections doivent être adressées par écrit au ministre.
- Les droits annuels des permis seront mis à la disposition des gouvernements pour rembourser les frais qu'ils ont engagés.
- Tous les sites doivent être inspectés et les permis réexaminés au moins une fois l'an. La loi exigera une consultation avec les autorités municipales pour réviser les plans de situation tous les cinq ans.
- Le Ministre peut dorénavant suspendre un permis sur le champ pour une durée ne dépassant pas trois mois si le titulaire du permis ne s'est pas conformé aux prescriptions exigées. Si un titulaire dont le permis a été suspendu ne prend pas les mesures correctives nécessaires, le Ministre peut lui retirer définitivement son permis.
- Majoration du dépôt de garantie pour l'ensemble de la remise en état.

- Le Ministre peut dispenser par écrit le titulaire d'un permis de se conformer en totalité ou en partie aux dispositions des règlements, sous réserve des conditions qu'il juge nécessaires.

- Le Ministre peut, dans l'intérêt du public, désigner comme zones protégées certaines sources de granulats.

Malgré les modifications proposées contenues dans le projet de loi 127 de 1979, l'Association des producteurs de granulats de l'Ontario *(APAO)*, les municipalités et divers groupes de pression en rapport avec l'agriculture, la conservation et l'écologie ont continué à manifester leur opposition. L'industrie des granulats *(APAO)* s'oppose systématiquement à ce que l'exercice du contrôle soit confié aux autorités régionales ou municipales (Smith, 1977 ; Interface, 1980 ; *Aggregate Producers Association of Ontario*, 1977 ; *Public Sector*, 1980). L'association soutient que les règlements de zonage locaux continueront, sous le couvert de la Loi sur les municipalités et de la Loi sur l'aménagement du territoire, d'interdire l'exploitation de quantités considérables de granulats. Elle tient à ce que le ministère des Ressources naturelles continue à désigner les régions productrices de granulats, à administrer ces régions et à prendre les décisions finales. Elle s'oppose à la majoration de coût du permis et du montant de la garantie pour la remise en état.

Les premières réactions du public aux recommandations du groupe de travail n'ont pas manqué de traduire la méfiance générale à l'endroit du gouvernement. Dans son mémoire au ministère des Ressources naturelles, le Conseil de la conservation en Ontario (1977) fait remarquer à propos du rapport que :

> ... « *le premier objectif de ce document est de déterminer les endroits où l'on trouve des granulats et de s'assurer que leur exploitation future ne sera pas interdite. Toutefois, il reconnaît que les « transgressions et violations » de la part de l'industrie devraient cesser pour apaiser les craintes du public. Mais ses recommandations montrent clairement que ces questions sont perçues comme des obstacles à l'exploitation systématique des carrières. Et la question tout aussi importante de la protection de certaines régions contre l'exploitation n'est pratiquement pas abordée* ».

Les critiques du public ont persisté au cours des années suivantes, tout en se faisant plus précises en réponse à chaque recommandation contenue dans le rapport du groupe de travail et aux articles subséquents du projet de loi 127 (Muirhead, 1978 ; Oziewicz, 1980). Les municipalités, tout comme les agriculteurs des principales régions agricoles concernées, se sont opposés aux modifications qui auraient donné au ministère des Ressources naturelles le droit de consacrer de larges portions de terrain à une seule fin : l'extraction des granulats. L'impression était que la prépondérance proposée de la loi (*Aggregate Act*) sur les Lois sur les municipalités et sur l'aménagement du territoire entraînerait une réduction du contrôle local par la perte des pouvoirs relatifs au zonage. L'autorité ultime du Ministre lui permettant de voir à ce que toutes les régions disposent des sources appropriées de granulats signifierait aussi qu'il peut intervenir à tout moment dans les plans officiels des municipalités. Les environnementalistes se sont opposés au projet de loi 127 parce qu'il ne contient pas de dispositions relatives à l'évaluation des incidences environnementales pour les nouveaux sites, ou de dispositions permettant au ministère de l'Environnement de veiller à l'application de la loi. Plusieurs ont redouté que ce même article de la nouvelle loi rende inopérantes non seulement les Lois sur les municipalités et l'aménagement du territoire, mais aussi celles relatives à la pollution de l'environnement et aux ressources en eau. Malheureusement, cette méfiance de nombreux groupes à l'égard de ce projet de modification de la loi est le fruit direct du dossier chargé de l'industrie en ce domaine, et de la négligence du gouvernement à sévir, et cela malgré le fait que ces groupes approuvaient et appuyaient une bonne partie des points positifs du projet, comme la désignation de toutes les régions de la province auxquelles la loi s'applique ; la majoration de coût du permis d'exploitation et du montant de la garantie de remise en état ; l'amélioration du contrôle et de l'inspection ; la présentation de plans de situation plus rigoureux ; l'augmentation des amendes en cas de violation ; et un fonds de remise en état pour les sites abandonnés (somme qui toutefois ne permettait pas de mener les travaux à terme).

L'opposition à divers points de ce nouveau projet de loi a continué d'en retarder l'adoption. Dans l'intervalle, le gouvernement a introduit quelques-unes des modifications proposées en vertu de la Loi en vigueur, par exemple en faisant passer le coût du permis de 2 ¢ à 6 ¢ par tonne et le montant de la garantie de remise en état de 2 ¢ à 8 ¢ par tonne, et en faisant tomber, sous le coup de la Loi la plupart des cantons restants du sud ontarien.

Les difficultés à résoudre ce conflit consistent en majeure partie à concilier le pouvoir et la compétence entre les différents ministères et les lois qu'ils sont

chargés de faire respecter, notamment la Loi sur les municipalités, la Loi sur l'aménagement du territoire, la Loi sur l'évaluation de l'environnement, et une loi aussi spécialisée que la Loi sur la planification et l'aménagement de l'escarpement du Niagara. Cette tâche s'avère particulièrement difficile dans une région aussi peuplée que le sud de l'Ontario, où les groupes de pression sont nombreux et rendent pratiquement impossible la conciliation entre les modifications aux lois et règlements innombrables, surtout en matière de propriété foncière et d'utilisation du sol. Les besoins croissants en sources de granulats doivent être équilibrés avec les demandes légitimes pour l'utilisation du sol à des fins de loisirs, d'agriculture, de conservation et d'habitation. Mais les pressions ne sauraient cesser de s'exercer, étant donné que la distance pour le transport des granulats doit être de 40 km au plus jusqu'au principal débouché, c'est-à-dire les centres urbains. C'est le secteur, au Canada, où s'exerce la plus forte concurrence pour un territoire donné.

CONFLIT AVEC LES UTILISATIONS DU SOL OU DES RESSOURCES ENVIRONNANTES

Le conflit majeur et le plus fréquent résultant des effets causés par une utilisation précise du sol sur les terres ou les ressources environnantes intervient entre l'exploitation minière et la pêche ou la qualité des ressources en eau. Rien de surprenant à cela lorsque l'on considère l'étendue du réseau de rivières et de lacs servant à la pêche commerciale et sportive au Canada. La carte 24 présente les endroits essentiels à la reproduction du saumon et les zones de pêche commerciale à l'intérieur des terres. Plus des trois quarts des sociétés minières exploitantes sont situées dans ces zones de pêche. L'étude comparée des cartes 12 et 13 (voir le chapitre 3) révèle qu'un pourcentage encore plus élevé des gisements minéraux repérés mais non encore exploités se trouvent dans les mêmes zones de ressources.

Comme il l'a été mentionné au chapitre 5, toute nouvelle exploitation minière peut éventuellement modifier, sur le plan quantitatif ou qualitatif, les ressources en eau des régions environnantes ou éloignées. Même si l'utilisation du sol elle-même n'est pas remise en question, la pollution provoquée par l'industrie minière est un sujet de préoccupation pour la population qui compte sur la pêche pour assurer sa subsistance ou qui se nourrit principalement des produits de la pêche.

Ces dernières années, une situation de ce genre s'est produite avec le rejet des stériles dans les eaux profondes de l'*Alice Arm*, en Colombie-Britannique. Le Conseil de tribu de Nishga fut le premier à soulever la question des effets nocifs que les stériles pouvaient avoir sur les lieux de pêche traditionnels, lors d'une réunion du Conseil fédéral provincial sur le règlement des revendications territoriales des autochtones, le 8 mars 1980. Les gouvernements fédéral et provincial avaient accordé un permis à la société Amax of Canada Ltd. qui exploite une mine de molybdène, l'autorisant à jeter des stériles dans la mer à un rythme de 12 000 tonnes par jour[23]. Les intervenants ont fait part de leurs inquiétudes au sujet des teneurs éventuellement nocives en arsenic, en plomb, en mercure, en zinc, en cuivre, en fer, en cadmium et en ^{226}radium, au cours des 26 années d'existence de la mine.

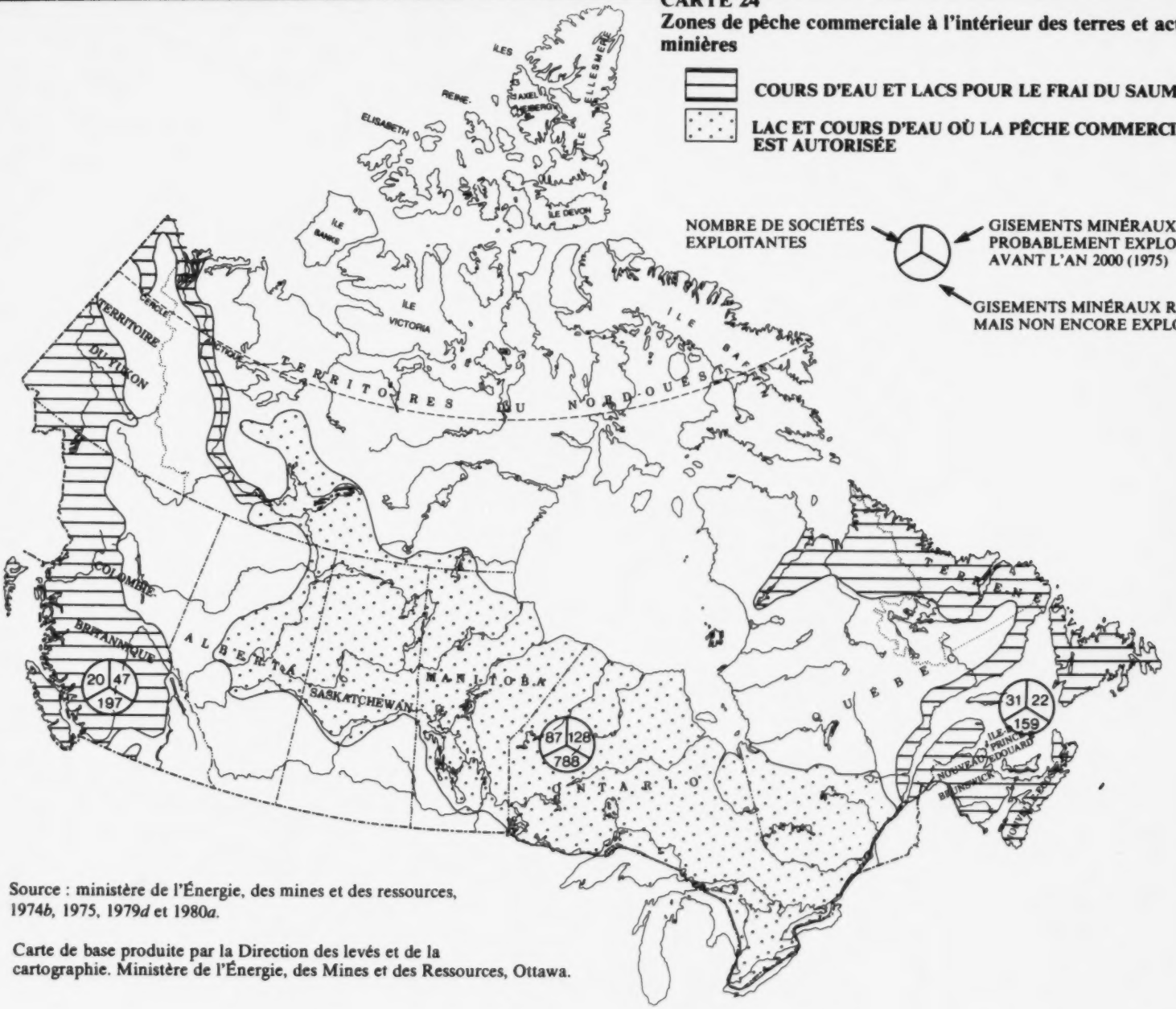
La société Amax of Canada Ltd. (autrefois Climax Molybdenum of B.C.), s'apprête actuellement à rouvrir la mine de Kitsault située dans la région de Alice Arm à environ 144 km au nord de Prince-Rupert, en Colombie-Britannique. La mine de Kitsault a été exploitée entre 1968 et 1972 par la société British Columbia Molybdenum Limited. Avant cette période, plusieurs autres mines ont été en activité dans cette région, par exemple Dolly Varden, Torbrit, et Silver City située près de l'actuel emplacement de Kitsault. Le Alice Arm est l'un des deux embranchements terminaux de l'inlet Observatory qui s'étend du passage Portland juste au sud de la frontière entre l'Alaska et la Colombie-Britannique. Le Alice Arm est un exemple typique des inlets glaciaires de la Colombie-Britannique, c'est-à-dire qu'il est long, étroit et bordé de hautes montagnes. Le point le plus profond se trouve à environ 394 m (au-delà de 1200 pieds), et il y a à l'embouchure du bras un seuil peu profond. La rivière Kitsault constitue la principale source de limon glaciaire du bras. Les rivières alimentées par le bras contiennent des stocks de saumon kéta, de saumon rose et de saumon coho. Diverses espèces de poissons de fond, de crevettes et de crabes vivent également dans le fond marin du bras, l'endroit le plus susceptible d'être altéré par les stériles.

La capacité des installations de préparation du minerai entre 1968 et 1972 s'élevait à environ 6000 tonnes par jour. L'effluent consistait en une boue de matières fines semblables à du sable. Pendant la période d'exploitation de la mine de Kitsault, environ 12 600 000 t de stériles ont été rejetées dans le Alice

[23] Permis provincial nº PE-4335 émis le 12 janvier 1979 par la Commission de lutte contre la pollution. Règlement sur les rejets de stériles dans le Alice Arm par un décret du conseil des ministres (C.P. 1979-1112) publié dans la Gazette du Canada le 10 avril 1979. DORS/79-345.

CARTE 24

Zones de pêche commerciale à l'intérieur des terres et activités minières



Source : ministère de l'Énergie, des mines et des ressources, 1974*b*, 1975, 1979*d* et 1980*a*.

Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

Arm. Les analyses de la teneur en molybdène des sédiments superficiels effectuées par la société Amax et Environnement Canada ont révélé que les dépôts de résidus se limitaient au Alice Arm et qu'ils n'avaient pas été détectés au-delà du seuil séparant le bras de l'inlet Observatory.

La société Amax se propose d'entrer en activité en 1981 avec une production quotidienne de minerai près de deux fois supérieure à celle de l'exploitation antérieure. D'après les prévisions, les réserves actuelles de minerai devraient durer environ 26 ans et elles représentent au total quelque 100 000 000 t. Le système d'évacuation des stériles, qui comporte un pipeline situé entre l'embouchure du Lime Creek et le Roundy Creek, partira des installations de préparation du minerai et passera à 50 m sous la surface des eaux du Alice Arm.

Après avoir effectué plusieurs études de faisabilité pour l'élimination des stériles sur le sol, la société Amax a demandé des dispositions particulières aux termes de la Loi sur les pêcheries pour rejeter directement les stériles dans le Alice Arm. Partant des données fournies par la société, les ministères fédéraux de l'Environnement, et Pêche et Océans ont décidé que l'évacuation dans la mer constituait une solution acceptable à long terme, étant donné les risques que comporte un bassin destiné aux stériles, une fois surtout que la mine est fermée. Quoique l'épandage des stériles sur le sol ne soit pas impossible, cela n'en reste pas moins une solution difficile. Une rupture du bassin à stériles pourrait avoir des incidences environnementales beaucoup plus graves (par exemple la destruction des ressources halieutiques et fauniques de l'estuaire des rivières Kitsault et Illiance) que l'évacuation directe des stériles dans le Alice Arm. Même s'il est impossible de prévoir une défectuosité importante (peut-être tout à fait hypothétique) dans le bassin à stériles, la difficulté à maintenir indéfiniment un étang à stériles dans une zone de secousses sismiques, lors de pluies torrentielles ou de chutes de neige abondantes, a incité les ministères à recommander l'évacuation des stériles en mer moyennant certaines conditions. En outre, comme des résidus avaient déjà été déversés dans cette zone et qu'ils sont maintenant recouverts de sédiments naturels, les ministères ont accepté la demande de la société, sous réserve de certaines conditions prescrites dans le Règlement sur les rejets de stériles dans le Alice Arm.

Depuis le mois de mars 1980, une controverse très vive s'est élevée entre, d'une part les gouvernements fédéral et provincial qui ont délivré les permis et, d'autre part, le Conseil de tribu de Nishga et ses partisans. Le Conseil de la tribu a réclamé une commission d'enquête publique et une révocation du Règlement sur les rejets de stériles dans le Alice Arm, ainsi qu'un moratoire sur la construction des installations maritimes (Koch, 1981). Le Conseil a annoncé le lancement d'une campagne nationale pour forcer la création d'une commission d'enquête publique. Le Conseil et le député fédéral de Skeena protestent contre l'émission du permis fédéral de rejet des stériles par décret du Conseil des ministres, en invoquant le fait que c'est la première et la seule exemption de cet ordre qui ait été accordée en vertu de la Loi sur les pêcheries (Fulton, 1981).

La situation s'est compliquée en raison des opinions divergentes émises par les experts consultés à différents paliers gouvernementaux et à l'extérieur sur l'interprétation des données scientifiques. De plus, le Conseil de Nishga qui réclamait une enquête publique a vu sa demande appuyée par sept organisations confessionnelles, la Fédération du travail de la Colombie-Britannique, le Syndicat des pêcheurs et travailleurs assimilés et un grand nombre d'associations s'intéressant à l'écologie et à la conservation.

En l'occurrence, il était inévitable que des comparaisons soient établies avec les rejets de stériles de la Island Copper Mine dans l'inlet Rupert en Colombie-Britannique, où les stériles se sont finalement répandus sur une superficie beaucoup plus vaste que celle qui avait été prévue au départ (voir le chapitre 5). Les tentatives pour comparer le comportement des stériles déversés dans deux étendues d'eau semblables représentent un problème complexe. Il existe des différences notables entre l'inlet Rupert et le Alice Arm. En effet, le Alice Arm est au moins deux fois plus profond et bien qu'il ne manque pas de courants, ils ne sauraient être comparés avec ceux qui existent entre la passe Quatsino et l'inlet Rupert. Malgré les différences majeures entre les deux bassins récepteurs et les études de base plus complètes effectuées sur le nouveau site pour le compte de la société Amax, les détracteurs du projet n'en ont pas moins persisté à associer ses effets sur l'environnement marin à ceux de la société Island Copper.

Le 27 mars 1981, le Ministre fédéral de Pêche et Océans a accepté la création d'une commission indépendante composée de trois scientifiques pour vérifier les données sur lesquelles reposait la décision gouvernementale autorisant les rejets de stériles dans le Alice Arm. Le Ministre a promis à la Commission et au Conseil de Nishga de reviser sa position, si la recommandation de la Commission était négative. Le Conseil de tribu de Nishga a annoncé son intention de boycotter le débat public de la commission

À la mine Carol Lake, propriété de la société Iron Ore, les résidus de minerai de fer sont rejetés dans le lac Wabush (Labrador)
Photographie : John McLatchy, Environnement Canada

d'étude, parce qu'elle n'avait pas le pouvoir d'assigner des experts pour un contre-interrogatoire (McLaren, 1981).

Après des mois de controverse, la Commission a remis son rapport (Burlington et coll., 1981) en juillet 1981, dans lequel elle révélait que toutes les substances contenues dans les stériles et susceptibles de nuire à l'environnement se trouvaient en teneurs inférieures à celles indiquées dans le Règlement sur les rejets de stériles dans le bras Alice et les Normes et Objectifs pour l'eau potable au Canada. Par ailleurs, il semble que les incidences sur la pêche commerciale et de subsistance seront mineures et n'auront pratiquement pas d'influence sur les prises. Le rapport a été exposé en détail pour que le public en prenne connaissance.

La Commission a également recommandé des programmes supplémentaires de recherche et de dépollution dans les termes suivants :

« La teneur en plomb, en zinc et, probablement en cadmium, des stériles solides est plus élèvée que les teneurs naturellement présentes dans la région. C'est pourquoi un programme est recommandé pour éliminer ces substances. Si on les trouve en teneurs élevées, ou qu'on décèle d'autres substances nocives dans la flore et la faune du Alice Arm, il faudrait rendre ces programmes de dépollution obligatoires.

La profondeur de l'exutoire de la mine Amax/Kitsault devrait passer de 50 à 100 m pour circonscrire l'éparpillement des stériles en suspension et en dépôt.

Des études spéciales devraient être entreprises, notamment une recherche accélérée sur les techniques de dépollution ; des analyses de l'absorption des métaux contenus dans les sédiments, par les invertébrés ; diverses analyses océanographiques, chimiques, biologiques et techniques. » (Burlington et coll., 1981).

Ce conflit entre la société Amax et le Conseil de tribu de Nishga donne une idée des problèmes réels auxquels devra faire face l'industrie minière dans les années à venir. Il ne sera plus possible d'agir sous le coup de décisions d'ordre purement économique, prises sans autre. L'industrie minière est dorénavant assujettie à un grand nombre de valeurs sociales, qui varient généralement d'une région à l'autre et reposent sur l'interprétation d'informations souvent fragmentaires, erronées et mal comprises. De nos

jours, les questions relatives à la qualité de vie peuvent, grâce aux moyens rapides de communication, attirer l'attention et le soutien d'une multitude de groupes sociaux différents. Dans le cas dont il vient d'être question, la nouvelle société minière s'est trouvée aux prises avec des tentatives pour prévenir la détérioration des ressources halieutiques, un problème non résolu de revendications autochtones assorti de responsabilités juridictionnelles et des interprétations divergentes de rapports d'experts.

Il devient donc de plus en plus évident que c'est un enjeu politique qui se situe au cœur du problème. En dépit des faits et de leur évaluation minutieuse, les rouages politiques gagnent sans cesse en importance. Un mécanisme administratif et politique public doit être mis en place. Logiquement, le problème ne devrait même plus exister mais, en fait, il est peu probable qu'il disparaisse complètement. Il s'agit d'un de ces nouveaux problèmes auxquels les législateurs, les promoteurs et les politiciens doivent faire face. Mais combien de temps encore cette situation va-t-elle durer ? Un ou dix ans, et à quel prix ?

Les revendications des autochtones et la crainte des incidences sociales et environnementales continueront d'alimenter la source des débats et des conflits au sujet des nouvelles mines ou des mines en cours d'exploitation. Par exemple en 1980, les Cris du nord de l'Alberta ont intenté une poursuite judiciaire devant la cour fédérale pour la reconnaissance de leurs droits sur un territoire de 51 780 km² constitué de sables pétrolifères et d'espaces naturels (Kennedy, 1980). De leur côté, l'Association des Inuit du Labrador et l'Association des Naskapis-Montagnais s'opposent au projet d'exploitation de la mine d'uranium de la société Brinex Ltd. dans la région de Happy Valley, près de Goose Bay. L'opposition est suscitée en grande partie par la crainte des effets que l'exploitation minière pourrait avoir sur la vie actuelle des habitants (Globe and Mail, 1979). Le conseil municipal et la chambre de commerce de Goose Bay, composés surtout de non autochtones, appuient le projet à condition que les normes environnementales appropriées soient respectées. La province a réagi en arrêtant toutes les mises en valeur de mines pour un certain temps.

On ne compte plus le nombre de prospections et de projets d'exploitation minière qui, ces dernières années, ont été interdits ou différés. Dans la plupart des cas, ces décisions sont fondées sur la crainte des effets possibles que l'exploitation minière peut avoir sur l'utilisation des sols environnants, la qualité de l'eau et le mode de vie des habitants de la région. Cette attitude n'est pas le seul fait des revendications des autochtones, ou de l'opposition des groupes d'autochtones aux changements dans leur mode de vie.

À l'été de 1978, des travaux de prospection d'uranium ont débuté dans une région prometteuse s'étendant sur 180 km entre Ottawa et Kingston, dans l'Est ontarien. Des protestations contre le forage au diamant, dans la région agricole de Newboyne à 100 km au sud-ouest d'Ottawa et dans la région touristique du lac Sharbot, ont mis un terme à la prospection vers la fin de 1980 (Ottawa Journal, 1980 ; Globe and Mail, 1980). De nombreux habitants pensaient que les travaux de forage au diamant risquaient de provoquer la contamination radioactive des eaux souterraines. De plus, l'exploitation minière dans cette région a un lourd passé en ce qui concerne la protection environnementale et la remise en état des terrains exploités. On a fait valoir comme argument qu'aucune méthode efficace n'avait encore été mise au point pour maîtriser les effets possibles de pollution par le rejet des stériles après l'abandon d'une mine et les répercussions à long terme sur l'approvisionnement en eau.

Les mêmes craintes et une méfiance analogue à l'égard des législateurs ont été exprimées devant la *Commission royale d'enquête chargée du dossier de la Uranium Mining en Colombie-Britannique* (province de la Colombie-Britannique, 1980). Toutefois, la cessation prématurée des travaux de prospection peut avoir des conséquences sérieuses. Par exemple, à la suite du moratoire de sept ans déclaré sur la prospection d'uranium en Colombie-Britannique, la collecte des données relatives aux minéraux et à l'environnement a été interrompue et c'est donc à partir d'une base de données incomplètes que les décisions visant à l'aménagement du territoire, à la protection environnementale et à la répartition des ressources ont continué d'être prises. Le rapport de la Commission royale a été publié en octobre 1980, et la préface traite de ces préoccupations à long terme de la façon suivante :

« Nous croyons qu'à l'avenir les besoins énergétiques se feront peut-être si pressants que tous les gisements d'uranium du monde occidental devront être mis à contribution pour sauvegarder nos libertés essentielles. Si tel était le cas maintenant, et étant donné l'état actuel de la technologie, il serait possible d'exploiter les mines d'uranium, mais au prix d'une certaine détérioration environnementale à longue échéance. Toutefois, il reste probable qu'une meilleure protection de la main-d'œuvre pourrait être assurée.

Nous croyons que les techniques d'élimination des stériles vont s'améliorant et que, si des sommes suffisantes étaient consacrées à la recherche, les résidus d'uranium pourraient prochainement, grâce à l'extraction et à la concentration du ^{226}radium et du thorium, devenir aussi inoffensifs pour l'environnement que n'importe quel autre déchet minier. Nous irions même jusqu'à dire que, si à l'heure actuelle la résolution en était prise, la main-d'œuvre serait tellement bien protégée que les risques supplémentaires inhérents à l'exploitation de l'uranium seraient minimes comparativement à ceux d'autres mines. Si l'attention nécessaire est accordée à ces questions, il est possible que, lorsque la demande d'uranium de la Colombie-Britannique se fera pressante, ces deux problèmes majeurs relatifs à l'exploitation de l'uranium se seront atténués. Les représentants de l'industrie, des gouvernements, des syndicats et du monde universitaire nous ont fait valoir que les travaux de recherche et de développement destinés à améliorer la sécurité dans tous les aspects de l'exploitation de l'uranium n'en sont encore qu'à leur début. Nous entrevoyons la possibilité de progrès dans le futur.

Nous n'affirmons pas qu'il n'existe pas de motifs d'ordre moral qui, quelles que soient les améliorations pouvant fort bien survenir en ce domaine, interdiraient l'expansion de cette industrie minière.

Dans l'intervalle, si des moyens de contrôle appropriés sont élaborés et appliqués, et s'il est jugé prudent d'évaluer les ressources en uranium de la Colombie-Britannique, nous ne voyons pas pourquoi il faudrait interdire la prospection d'uranium au nom de la protection environnementale ou de la santé publique. » (province de la Colombie-Britannique, 1980).

La Commission recommande donc de lever le moratoire sur la prospection de l'uranium,

« *... à condition d'instituer en Colombie-Britannique un système de permis pour ce type d'exploration, car elle croit que, grâce à un contrôle approprié, les risques possibles découlant de cette activité seront compensés par les avantages tirés des connaissances acquises.* » (province de la Colombie-Britannique, 1980).

Les mots clés sont « contrôle approprié » et « permis ». Mais pour éviter de nouveaux conflits, il faut que le public change d'attitude à l'endroit de l'industrie minière et retrouve sa confiance envers les législateurs à tous les paliers gouvernementaux. Tant les gouvernements que l'industrie devront donc faire un effort considérable pour informer le public sur, par exemple, la prospection, l'extraction et le traitement du minerai ; les méthodes d'atténuation des dommages ; la démonstration concrète des progrès accomplis en vue de protéger l'environnement et la rentabilité des terres environnantes.

CONFLIT ENTRE EXPLOITANTS ET ÉCOLOGISTES

La plupart des conflits qui existent aujourd'hui entre les partisans de l'exploitation des ressources minérales de certaines terres et les adeptes de la conservation et de la protection des mêmes terres sont concentrés *au Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest.* Les 3 800 000 km^2 qui forment les Territoires du Nord-Ouest et le Yukon sont régis par la Loi sur les zones territoriales (1952) dont l'application relève du ministère des Affaires indiennes et du Nord. En 1971, des dispositions concernant la gestion et l'utilisation des terres sont venues s'ajouter à la Loi par l'adoption du Règlement sur l'utilisation des zones territoriales. En 1977, le règlement fut modifié de façon à le rendre applicable à presque toutes les sortes d'activités susceptibles d'avoir des répercussions sur l'environnement (Lucas et Peterson, 1978). Néanmoins, il existe une exception importante dans l'application de ce règlement : au Yukon, c'est la Loi sur les mines qui a priorité. Les dispositions relatives à la gestion et à l'utilisation laissaient en partie entendre qu'il n'y aurait pas de moratoire sur les zones territoriales tant que les revendications seraient en cours de règlement. La politique générale avait pour but d'encourager la mise en valeur des ressources non renouvelables, tout en essayant de réduire au minimum les incidences environnementales.

Ces dernières années, on semble avoir délaissé le concept de l'utilisation gérée ou planifiée des sols au profit d'un principe d'utilisation privilégiée. En effet, les sociétés minières et pétrolières se sont vu interdire de plus en plus fréquemment l'accès à de grands territoires, dont la rive nord du Yukon, la région de Bathurst dans le district du Mackenzie, une partie de l'île Somerset et la région du lac Baker dans le district de Keewatin. Cette réaction contre la prospection et l'exploitation minières découle dans une grande mesure de l'opposition des autochtones envers l'activité accrue et ses répercussions possibles sur les ressources fauniques et leur mode de vie traditionnel, notamment dans les territoires qu'ils utilisent et occupent depuis des siècles.

L'industrie minière s'élève contre l'apparition d'une tendance qui ressemble à une concertation pour donner la prépondérance à une utilisation à des fins autres que minières. La plupart des préoccupations de l'industrie minière sont exposées dans le rapport du Comité consultatif sur l'exploitation minière dans le Nord (ministère des Affaires indiennes et du Nord, 1979a). Au nombre des

recommandations adressées au gouvernement sur le choix dans l'utilisation des sols figurent celles-ci :

« *Le gouvernement du Canada encouragera la protection, l'exploration et l'exploitation minière au Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest en reconnaissant le rôle fondamental des ressources non renouvelables dans le développement économique et social du Nord. Ce Comité accepte le principe voulant que le développement économique du Nord s'effectue, tout en reconnaissant les intérêts légitimes des habitants du Nord et en protégeant l'environnement.*

... On préférerait, en ce qui concerne la réservation de terres par n'importe quelle partie, que tous les droits miniers restent dévolus à la Couronne. Le Comité reconnaît que, même s'il se produit des aliénations de droits miniers dans le cadre du règlement du CEDA, il ne considère pas cette partie de l'entente comme un élément essentiel dans les règlements des revendications foncières car il y aura des secteurs où le développement économique sera défendu ou limité. Ces zones devraient renfermer l'espace minimum nécessaire pour atteindre cet objectif et leur choix devrait être fait en tenant compte des ressources minières qu'on peut y découvrir.

... Les droits miniers et l'accès aux secteurs non aliénés devraient être maintenus en dépit de toute aliénation subséquente des droits de surface. Sur toutes les terres où le développement est permis, l'accès devrait être garanti pour la prospection, le jalonnement, l'exploration et l'exploitation des ressources minières.

... La politique relative à l'utilisation du sol devrait essayer d'établir un équilibre entre le développement économique et la protection de l'environnement. Le Comité reconnaît que toutes les parties devraient faire des efforts sérieux pour réduire les perturbations de l'environnement naturel.

... Le gouvernement, comme l'industrie, encouragera les habitants du Nord à participer à l'industrie minière dans le Nord canadien (ministère des Affaires indiennes et du Nord, 1979a). »

Le député de Nunatsiag, M. Peter Ittinuar, a critiqué le rapport et les recommandations du Comité consultatif à la Chambre des communes en novembre 1979. Il a déclaré que le Comité n'a pas respecté son mandat, car il a privilégié les intérêts miniers, et qu'il n'y a eu aucune consultation avec les groupes

Mine d'or exploitée par la Tundra Gold Mines Ltd., Matthews Lake (Territoire du Nord-Ouest) abandonnée depuis 1968
Photographie : John Reid, Environnement Canada

d'autochtones ou d'autres groupes ayant un intérêt commun. M. Ittinuar termine ainsi son plaidoyer sur le développement minier dans le Nord :

... « *On doit malheureusement conclure que l'industrie et le gouvernement établissent leur politique à huis clos. De telles façons de procéder ne peuvent qu'aviver la méfiance et les soupçons, et c'est ce qui se passe maintenant.* » (Débats de la Chambre des communes, 1979).

Il se demande si les terres réservées pour la conservation et la protection environnementale ne sont pas situées dans les régions où aucun minerai n'a été découvert plutôt que dans les régions où des caractéristiques naturelles vulnérables et des espèces animales ont besoin d'être protégées. Des doutes analogues ont été exprimés par le Comité des ressources arctiques canadiennes (1981), qui a signalé que les autochtones, les représentants des autorités locales et les organismes écologiques n'avaient pas été consultés par le comité. M. Ittinuar a fait remarquer que les Inuit ne s'opposaient pas au développement en tant que tel, mais qu'ils sont contre un développement rapide et prématuré risquant de mettre en péril leur territoire, leur peuple et leur mode de vie. Le sentiment général des Inuit à l'égard de la politique et des méthodes actuelles d'exploitation minière a été exprimé par Elijah Takkiapike dont les paroles ont été citées devant la Chambre, à l'occasion du même discours :

« *Nous n'apprécions pas du tout que les hommes blancs considèrent notre pays comme le leur. Ils semblent croire qu'ils peuvent détruire notre terre quand ils le veulent sans même en demander la permission. Nous voulons avoir toute liberté d'agir à l'égard des animaux comme nous l'entendons. Ils nous volent nos matières premières sans même nous consulter et sans donner aux Inuit une part de ce qu'ils prennent. Il nous faut le pouvoir pour être maîtres de notre territoire.* »

Les demandes formulées par l'industrie minière pour obtenir l'accès entièrement libre aux terres et des mesures moins restrictives de contrôle environnemental ont été critiquées par le Comité des ressources arctiques canadiennes (CRAC) et d'autres groupes qui ont fait valoir que les pratiques antérieures de l'industrie minière dans le Nord montrent bien que toute la prospection et l'exploitation doivent être réglementées (CRAC, 1981). Jusqu'à maintenant, aucune exploitation minière située au nord du 60e parallèle n'a fait l'objet d'une évaluation globale en bonne et due forme des incidences socio-environnementales (Keith et coll., 1981). D'une manière générale, la mise en valeur de ressources minières s'est effectuée sans méthode.

Les autochtones, les écologistes et les conservationnistes restent terriblement sceptiques vis-à-vis des mesures de protection existantes, lorsqu'ils considèrent les problèmes survenus à Cypress Anvil, Pine Point et Cassiar Asbestos (Macpherson, 1978*a*, et 1978*b* ; Atkin-Baker, 1979 ; et Sallot, 1979). Une grande part de l'opposition est due aux effets de l'évacuation des stériles sur le poisson et le gibier. Un grand nombre des difficultés dans le constat des dommages proviennent du fait qu'aucune étude environnementale n'a été exigée avant la mise en exploitation des mines. C'est pourquoi on ne dispose d'aucune base de données permettant de vérifier si les modifications chimiques de l'eau sont surtout imputables à l'industrie minière. Les doutes à l'égard de l'efficacité des mesures correctives adoptées par les sociétés minières et le gouvernement s'amplifient lorsqu'on s'aperçoit que certaines entreprises minières continuent de violer les règlements relatifs à l'utilisation des eaux (Atkin-Baker, 1979). L'usage de permis, plutôt que de licences, octroyés par l'Office des eaux (conformément à la Loi sur les eaux intérieures du Nord) constituent l'une des difficultés pour le maintien de la qualité de l'eau sur les sites miniers. Dans une large mesure, cette situation reflète l'approche particulière à l'utilisation des terres dans le Nord, comme le souligne MacLeod (1977) dans son exposé :

« *L'octroi d'une autorisation au moment où le projet passe de la phase de la prospection à celle de l'exploitation peut avoir pour effet de nuire à l'environnement à cause d'un développement qui se fait subrepticement... Les conditions moins rigoureuses des autorisations peuvent même porter préjudice à la qualité de l'environnement au point que, une fois le permis des eaux accordé, les valeurs écologiques initiales que la loi visait à protéger sont partiellement ruinées.* »

Les règlements actuels sur l'utilisation des sols et l'environnement ont été prescrits pour résoudre ces anciens problèmes, mais il est évident que la réglementation n'a pas atteint son objectif et que cet état de fait persistera si l'on ne réussit pas à mettre au point un plan global d'utilisation des sols ou une politique de gestion des ressources dans les territoires du Nord (McTaggart-Cowan, 1976 ; Lucas et Peterson, 1978 ; Rees, 1978 ; Naysmith, 1973, 1975 ; Keith et coll., 1981).

Le problème réside pour une bonne part dans le manque de renseignements appropriés sur la capacité et les limites des terres, de même que sur le type, la quantité et la distribution des ressources non renouvelables dans le Nord. Toute tentative pour introduire un programme d'utilisation des sols sera inévitablement entravée par les négociations sur les

revendications territoriales des autochtones. Bien que les groupes de conservationnistes, d'écologistes et d'autochtones aient régulièrement formé un front uni pour s'opposer aux principaux projets d'exploitation des ressources, cette unité ne résiste plus quand il s'agit de désigner les terres à des fins de conservation et de loisirs. Les propositions pour l'établissement d'un parc naturel dans le nord du Yukon ont abouti, en juillet 1978, au retrait de 38 850 km² (Redpath, 1979), mais elles font partie intégrante de l'accord de principe sur les revendications territoriales entre le Comité d'étude des droits des autochtones (CEDA) et le gouvernement fédéral. Cette question gagne en importance avec l'intérêt accru envers les ressources minérales et énergétiques probables de cette région.

La situation dans le Nord est devenue extrêmement complexe en raison du nombre de demandes indépendantes et très variées d'utilisation des territoires à des fins de loisirs et de conservation comme les lieux archéologiques, historiques et du PBI, les aires sauvages, les réserves, les refuges fauniques et les parcs nationaux. Le piétinement des revendications des autochtones a effectivement bloqué le processus fédéral d'affectation des terres et exerce, en fait, des contraintes considérables sur tous les projets relatifs aux ressources et à la conservation.

Les problèmes découlant de la division des compétences entre le gouvernement fédéral et les gouvernements territoriaux compliquent encore davantage l'élaboration éventuelle d'un plan d'aménagement dans les territoires du Nord. En effet, le fait que les domaines de responsabilité des deux paliers de gouvernement ne soient pas encore délimités donne lieu à des chevauchements et à des conflits d'ordre administratif. Il faut, de plus, ajouter à ces difficultés le partage des compétences entre les différents ministères responsables de la gestion et de la protection des ressources en terres et en eau, par exemple entre Pêche et Océans, Environnement Canada et les Affaires indiennes et du Nord. Le ministère des Affaires indiennes et du Nord assume également la tâche utopique de satisfaire les demandes de trois groupes de clients, c'est-à-dire les autochtones, les exploitants et les écologistes, ces derniers réclamant la protection, la conservation et la gestion.

Le problème se présente avec une acuité toute particulière dans le cas de l'expansion rapide de l'*exploitation de placers au Yukon*. De nos jours, l'exploitation de tels gisements peut en un rien de temps transformer des cours d'eau en détruisant la végétation au fond des vallées, en modifiant le chenal des rivières, les rives, les plaines d'inondation et en libérant des quantités considérables de sédiments en suspension dans leur réseau de drainage respectif. Les dégâts produits par ces activités sur les cours d'eau désignés comme zones minières traditionnelles les a rendus impropres à d'autres utilisations. En raison du manque d'expérience dans la remise en état, une fois l'exploitation d'un placer terminée, ou du manque de connaissances sur la capacité de récupération autonome de zones détériorées, il est possible qu'un bon nombre de ces zones soient inutilisables pendant un certain temps encore ou même qu'elles le restent à tout jamais. Étant donné la multitude de concessions situées sur chaque cours d'eau, il est très difficile de réglementer ou de décider qui est responsable de tous les effets cumulatifs (ou de l'un d'entre eux) sur l'environnement. La détérioration de la qualité de l'eau a des répercussions sur l'utilisation actuelle ou proposée des terres fédérales et territoriales, comme les parcs, les terrains de camping, les aires sauvages, les réserves fauniques, ou les activités touristiques. L'opposition des groupes d'autochtones s'explique par les incidences néfastes que ces activités peuvent avoir sur les régions traditionnellement réservées à la chasse, à la pêche et au piégeage. Les problèmes de réglementation et de contrôle environnemental tiennent au fait que la Loi sur les zones territoriales et les règlements y afférents ne s'appliquent pas aux terres désignées pour l'exploitation de placers. Une telle situation empêche tout contrôle sur les méthodes employées par l'industrie minière lors de la prospection, de la production et de l'abandon. Les exploitants miniers se sont continuellement opposés à ce que le Règlement sur l'utilisation des zones territoriales s'applique aux territoires miniers. Cependant, des conflits et des problèmes administratifs surgissent dans la gestion des ressources en eau. La Loi sur les eaux intérieures du Nord ne prévoit pas de mécanisme efficace pour exercer un contrôle sur les eaux en rapport avec l'exploitation de placers, à cause du grand nombre d'exploitants, de la nature saisonnière et des mouvements fréquents des activités. Aux termes de la Loi sur les eaux intérieures du Nord, l'Office des eaux du Yukon était créé pour délivrer des permis d'utilisation de l'eau. Malheureusement, l'augmentation incroyable des activités au cours des dernières années a fait que des autorisations d'utiliser l'eau ont été accordées sans qu'il soit nécessaire d'obtenir une licence, mais à des conditions fixées par l'Office et sur le conseil des responsables du ministère de l'Environnement. En vertu des dispositions de cette Loi, les activités doivent être

Pertuis utilisé dans un placer à Thunder Gulch (Yukon)
Photographie : Jim Scott, Environnement Canada

conformes aux règlements établis aux termes des articles 31 et 33 de la Loi sur les pêcheries concernant l'habitat et le dépôt de substances nocives. Étant donné que la plupart des opérations relatives à l'exploitation de placers ont des effets néfastes sur l'habitat des poissons, les conflits relatifs à la gestion des ressources renouvelables et non renouvelables sont extrêmement difficiles à régler. Indirectement, l'Office des eaux a dû se charger de l'affectation de certaines terres et étendues d'eau, ce qui n'entrait pas du tout dans le cadre de ses attributions. Les cours d'eau habituellement associés à l'exploitation de placers ayant été entièrement jalonnés, des pressions ont été exercées pour satisfaire les demandes d'accès à de nouvelles zones non encore perturbées. Aux termes de l'actuelle Loi sur l'extraction de l'or dans le Yukon, toute personne âgée d'au moins 18 ans a le droit de localiser une concession, de la prospecter et de creuser pour en extraire de l'or, dans n'importe quelle zone de ce territoire. C'est pourquoi l'Association Klondike pour l'exploitation de l'or dans le Yukon s'oppose à toute application rigoureuse des règlements fédéraux concernant l'environnement, notamment ceux de la Loi sur les pêcheries. Bon nombre de griefs portent sur l'obligation de construire des chaussées et des ponceaux au-dessus des cours d'eau, des étangs de décantation et des canaux de dérivation, afin que les poissons puissent remonter et descendre les cours d'eau sans être gênés par des perturbations ou une sédimentation excessive. Étant donné que la question des revendications territoriales des autochtones du Yukon n'a pas encore été tranchée, il est probable que l'exploitation accrue de placers dans des zones non encore touchées aggravera les conflits avec les autochtones. Il se peut que les opposants à l'exploitation des placers réclament l'évaluation obligatoire des incidences environnementales comme condition à l'octroi d'un permis ou d'une autorisation, une surveillance et une gestion améliorées des activités d'exploitation des placers, la remise en état des zones abandonnées, et des tractations pour protéger les régions particulièrement vulnérables (Keith et coll., 1981).

Il est probable qu'au nord du 60e parallèle, tant que la confrontation au sujet des demandes d'autonomie politique et les revendications des autochtones et les conflits de juridiction n'auront pas été réglés et qu'un plan global de gestion des ressources n'aura pas été mis au point, les difficultés persisteront entre les exploitants et les autres utilisateurs. Ces problèmes ont soulevé trois questions importantes qui touchent la future mise en valeur du Nord, c'est-à-dire :

1° La répartition des terres en vue de l'utilisation des ressources renouvelables et non renouvelables ;

2° L'enchevêtrement de la réglementation relative aux ressources et à l'environnement, qui entraîne des délais d'affectation et d'autorisation compliqués et onéreux ;

3° La conservation et l'amélioration de l'environnement, à la suite des demandes d'utilisation exclusive ou d'accès limité formulées par différents groupes.

La première réaction à ces questions a été l'annonce faite par le gouvernement fédéral, le 31 juillet 1981, d'une nouvelle politique d'aménagement foncier du Nord (ministère des Affaires indiennes et du Nord, 1981). Un système officiel d'aménagement des utilisations du sol sera établi pour améliorer la gestion des exploitants des ressources foncières au Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest, et il sera administré par des Commissions fédérales d'aménagement foncier. Chaque Commission se composera d'un comité de coordination de l'utilisation des sols qui interprète la politique, fixe des objectifs régionaux et dirige la planification des activités. Elle comprendra des représentants des collectivités autochtones, des ministères fédéraux et territoriaux. La planification proprement dite sera effectuée par un secrétariat de soutien. Les deux Commissions relèveront du Ministre.

L'orientation, les objectifs et l'ordre de priorité de la politique seront déterminés par le Comité de la politique d'utilisation des terres du Nord, présidé par le ministère des Affaires indiennes et du Nord et composé de représentants des ministères fédéraux et territoriaux qui administrent des terres ou des ressources dans le Nord. Ce comité sera appuyé par la Direction de l'aménagement foncier. Le public pourra se prononcer sur chaque projet par l'entremise de la Commission d'étude d'aménagement. Les comités seront formés d'habitants de la région, de représentants des autorités locales et de l'industrie.

Le processus d'aménagement envisagé est séquentiel et comporte cinq étapes principales :

1° Phase initiale — Le mandat est élaboré conformément à la politique et est sujet à l'approbation du Ministre.

2° Inventaire et analyse des ressources — Des données de base seront recueillies et analysées pour répondre à des objectifs précis de planification.

3° *Phase de préparation — Avec l'approbation du ministre, un plan officiel d'aménagement foncier sera choisi parmi un certain nombre de solutions. Ce plan tiendra compte des utilisations autorisées des sols et des ressources ainsi que des règlements relatifs à leur gestion.*

4° *Application du plan — Une fois les dispositions du plan approuvées, tous les organismes concernés et les participants doivent s'y conformer.*

5° *Contrôle et révision — Les plans élaborés en vertu de certaines circonstances seront sujets à révision si les circonstances changent* » (ministère des Affaires indiennes et du Nord, 1981).

Pour ce qui a trait à la mise en application, le gouvernement a établi que le nord du Yukon, le delta du Mackenzie et la mer de Beaufort, le détroit de Lancaster, le passage MacMillan et la région au sud du Grand lac des Esclaves étaient des zones prioritaires nécessitant une attention immédiate.

L'application des politiques et l'établissement des structures d'organisation n'en sont encore qu'au tout début. C'est pourquoi il s'écoulera un certain laps de temps avant qu'on puisse constater s'ils permettent de réduire les conflits relatifs aux ressources du Nord.

CONTRAINTES FUTURES POUR L'INDUSTRIE MINIÈRE

Le Canada continuera de devoir faire face à un nombre croissant de conflits liés à l'environnement, à l'utilisation des ressources et à l'exploitation minière. La demande accrue de ressources minérales et énergétiques nécessaires au développement économique du pays a été et continuera d'être accompagnée d'une demande mondiale de plus en plus forte pour les ressources renouvelables et non renouvelables du Canada. Ces demandes entraîneront des pressions considérables sur le processus d'affectation du sol. Les pays consommateurs de ressources se tourneront de plus en plus vers le Canada pour obtenir des matières premières, notamment des produits alimentaires et forestiers, de l'énergie, des minéraux et, dans le cas des États-Unis, de l'eau. L'exploitation des ressources énergétiques comme le pétrole, le gaz, le charbon et l'uranium, qui se trouvent en général dans des régions écologiquement vulnérables ou sur des terres agricoles de première qualité, constituera une préoccupation immédiate. Toutefois, l'augmentation des besoins mondiaux en produits alimentaires rendra plus pressante la nécessité de préserver les terres agricoles. Cette situation ne fera qu'accentuer les inquiétudes que suscite l'utilisation de terres agricoles à d'autres fins que l'agriculture. Par ailleurs, il est probable que la qualité de l'eau et l'équilibre de l'offre et de la demande deviendront des questions graves dans certaines régions. En outre, on peut s'attendre à ce que la hausse continue du coût des voyages à l'étranger incite un plus grand nombre de Canadiens à passer leurs vacances au Canada, créant du même coup une demande plus forte de ressources foncières pour les loisirs et le tourisme. Enfin, les considérations politiques, économiques et sociales continueront à amplifier les problèmes associés au processus d'affectation du sol chaque fois qu'une parcelle donnée contiendra des ressources minérales ou énergétiques éventuellement rentables. Compte tenu de tous ces facteurs et de toutes les autres questions non encore résolues, comme les revendications des autochtones, il n'y a pas lieu de s'étonner si l'acquisition de nouvelles terres par l'industrie minière continue de provoquer une certaine résistance.

Les données du tableau 55 fournissent des indications sur les contraintes possibles en matière d'utilisation des sols et d'environnement auxquelles devront probablement faire face les futures exploitations minières au Canada. En essence, le tableau présente une évaluation subjective de la probabilité d'une réaction défavorable aux futures exploitations minières de la part des divers secteurs d'utilisation des sols et des groupes de pression, fondée sur les données contenues dans ce rapport. L'évaluation est faite en fonction de l'importance de la concurrence et de l'opposition prévues dans chaque zone de ressources foncières. Il convient de signaler toutefois qu'un grand nombre des contraintes possibles mentionnées dans le tableau disparaîtraient très rapidement si une solution était apportée aux problèmes de longue date comme les revendications territoriales des autochtones, le partage des compétences et l'établissement de tactiques d'aménagement foncier et de gestion des ressources. Une grande partie de l'évaluation tient compte de l'importance et de l'ampleur du rôle des incidences passées dans la création des conflits relatifs à l'utilisation des terres, dont l'expansion des activités minières, les problèmes écologiques existants et la vulnérabilité du milieu récepteur. Il est probable toutefois que les conflits de ce genre seront à l'avenir moins aigus ou même qu'ils disparaîtront sur les nouveaux emplacements miniers, grâce à l'effet des règlements environnementaux et des règles d'utilisation du sol plus rigoureux qui régissent l'exploitation minière, et à l'introduction de meilleures techniques de lutte contre la pollution.

Tableau 55

Contraintes environnementales auxquelles se heurteront les futurs développements miniers au Canada (par zone de ressources foncières)

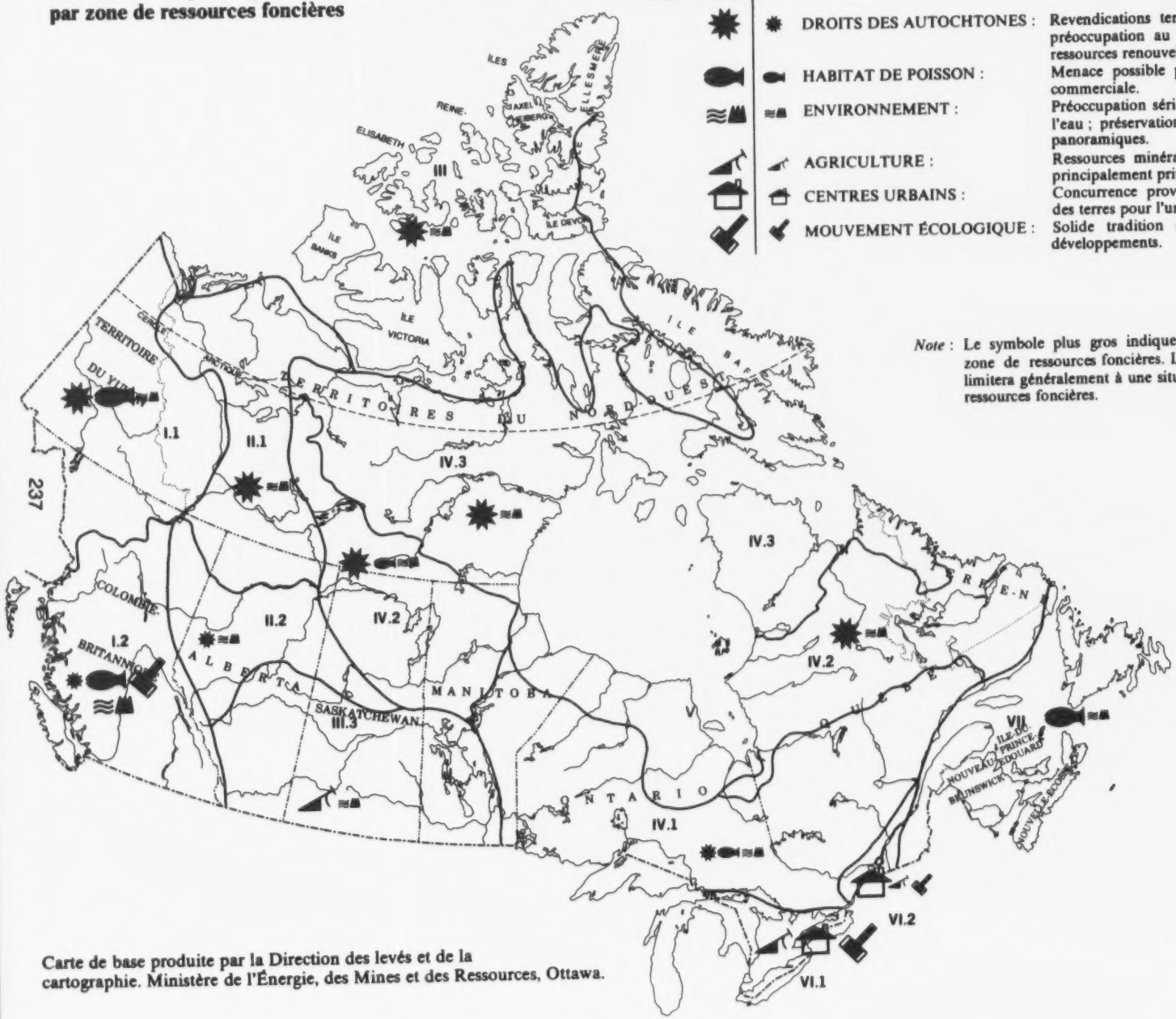
Zone de ressources foncières		Secteur minier	Probabilité d'exploitation future	Agriculture	Foresterie	Croissance urbaine	Conservation – faune et nature sauvage	Tourisme et loisirs de plein air	Pêche	Revendications territoriales des autochtones	Qualité de l'eau
I.1	Cordillère nord	Métaux (y compris l'or) Charbon	E M	– –	– –	– –	E E	E E	E M	E E	E M
I.2	Cordillère sud	Métaux Charbon Minéraux industriels Matériaux de construction	E E M E	F–M E F E	F–M F–M F–M F–M	E F F F–M	E E E E	E E E M	E E E F–E	E E E M	E M F F
II.1	Plaines intérieures septentrionales	Métaux	F	–	–	–		M–E	F	M–E	F
II.2	Plaines intérieures centrales (Peace, Athabasca)	Sables pétrolifères Charbon	E F–M	– F	F M	F F	M–E M–E	M E–M	M F	M F–M	M–E F–M
II.3	Plaines intérieures méridionales (Prairies)	Charbon Minéraux industriels Matériaux de construction	E E M	E E M–E	– – –	– – F–M	M – –	– – –	– M –	– – –	E M–E F
III.1	Archipel arctique	Métaux	M	–	–	–	E	–	F	E	F–M
IV.1	Bouclier boréal sud	Métaux (y compris l'uranium) Minéraux industriels	E M–E	F –	M M	F F	E M	E M–E	E E	F–M F	E –
IV.2	Bouclier subarctique central Québec – Labrador Manitoba-Saskatchewan	Métaux (fer) Métaux (y compris l'uranium)	E E	– –	– –	– –	F E	F E	M–E E	M–E E	M–E E
IV.3	Bouclier arctique	Métaux (y compris l'uranium)	M–E	–	–	–	E	F	M–E	E	M–E
V.1	Basses-terres de la baie d'Hudson	Tourbe	F–M	–	–	–	M–E	–	F–M	F	F
VI.1	Bassin inférieur des Grands lacs	Minéraux industriels Matériaux de construction	M E	E E	– –	E E	F F	E E	F F	– –	F F
VI.2	Basses terres centrales du Saint-Laurent	Minéraux industriels Matériaux de construction	E E	E E	– –	M E	F F	E E	F F	– –	F F
VII	Appalaches	Métaux Charbon Minéraux industriels Matériaux de construction	E E E E	F F F–M M	M M F–M F	F F M–E M	M–E M–E M–E M	E E E E	E M M F	F F F F	E M F F

E = Élevées
M = Moyennes
F = Faibles

Afin de maintenir le niveau de production minière et énergétique envisagé pour l'an 2000, il faudra avoir recours à des ressources foncières considérables et dans des régions non encore touchées par cette industrie. L'infrastructure nécessaire pour permettre tous ces développements risque de multiplier les perturbations du sol, surtout dans le cas de nouveaux réseaux de transport importants. Il est improbable qu'un grand nombre de ces exploitations minières futures puissent commencer à produire avant le règlement des revendications des autochtones et la mise en vigueur de mesures adéquates de protection de l'environnement. La carte 25 indique les zones de ressources foncières où les droits des autochtones risquent d'imposer de lourdes contraintes aux exploitations minières dans les dix prochaines années. Un parallèle étroit peut être établi entre ces zones et

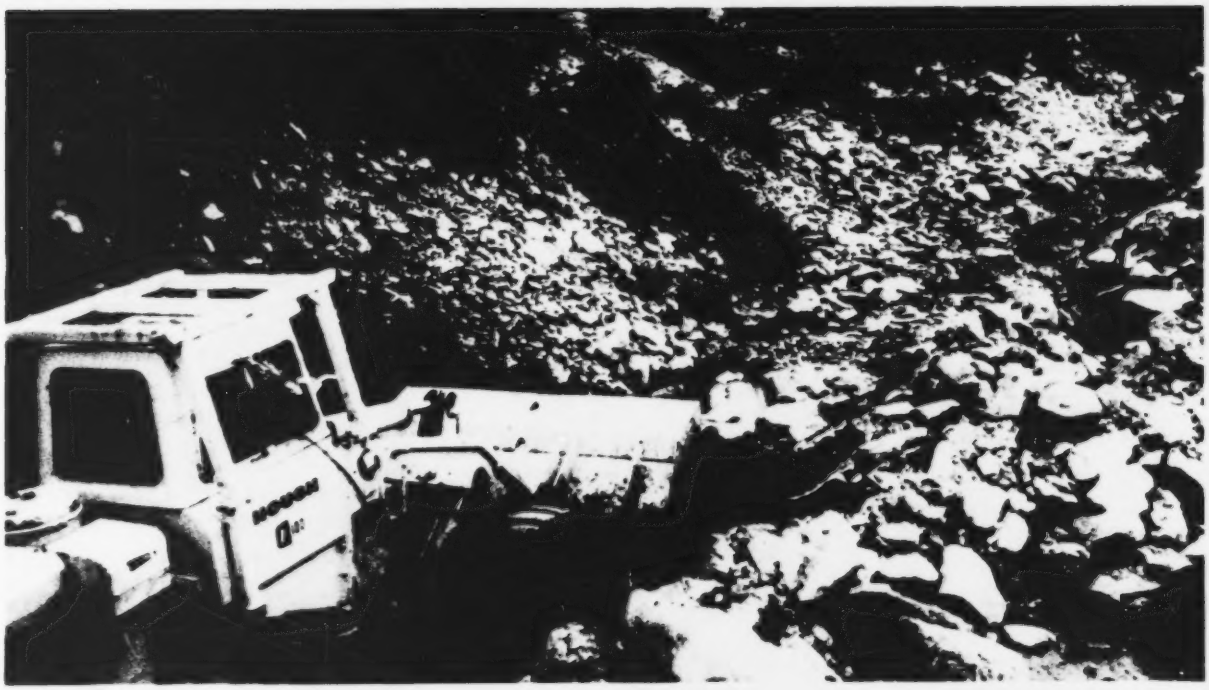
CARTE 25

Contraintes majeures pour les futures exploitations minières : par zone de ressources foncières



Note : Le symbole plus gros indique que la contrainte s'applique à toute la zone de ressources foncières. Le petit symbole indique que l'opposition se limitera généralement à une situation locale ou régionale dans la zone de ressources foncières.

Carte de base produite par la Direction des levés et de la cartographie. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.



Dépôt d'or alluvionnaire à Thunder Gulch (Yukon)
Photographie : Jim Scott, Environnement Canada

celles des revendications autochtones figurant à la carte 23. La perspective de dégradation du mode de vie des autochtones a renforcé l'opposition aux nouvelles exploitations minières dans les parages des réserves indiennes établies. Il est probable que l'opposition localisée des groupes d'autochtones se manifestera dans les régions de la Cordillère sud, des Plaines intérieures du centre et du Bouclier boréal sud.

Étant donné que le mode de vie traditionnel des autochtones repose sur la chasse, le piégeage et la pêche dans la plupart des régions forestières, il est souvent difficile de séparer les préoccupations des autres secteurs d'utilisation des terres — pêche, tourisme et loisirs, habitat faunique, conservation d'aires sauvages et utilisation de l'eau — des questions relatives aux revendications territoriales des autochtones.

La pêche (commerciale et récréative), le tourisme, les loisirs et la conservation de la faune étant rarement compatibles avec l'exploitation minière, ces activités viendront toujours en conflit avec cette exploitation, quelles que soient les conditions environnementales. Ainsi, l'exploitation minière sera toujours contestée à cause des préoccupations liées à la qualité de l'eau, aux habitats des poissons et de la faune, aux valeurs esthétiques, à la santé et à la sécurité. L'exemple le plus fréquent de ce genre d'opposition pour les dernières années est celui relatif à l'industrie de l'uranium. Sauf dans les régions du bassin inférieur des Grands lacs et dans les basses terres du Saint-Laurent, une opposition localisée persistera dans toutes les autres zones de ressources foncières du Canada. L'opposition à l'exploitation minière dans la Cordillère sud continuera d'être la plus vive pour les raisons que nous venons d'exposer.

Quoique l'industrie forestière exploite d'immenses étendues de terres, elle n'est habituellement pas incompatible avec l'industrie minière. Ces deux activités ont tendance à se développer dans des régions éloignées où existent souvent d'autres intérêts prononcés pour les loisirs, le tourisme et la conservation des habitats fauniques. La concurrence ou les conflits entre ces deux industries sont généralement rares. La plupart des différends surgissent au sujet du partage des responsabilités relatives à la dégradation lorsque les représentants de ces deux secteurs de ressources se trouvent dans la même région.

Dans le cas des terres agricoles, il existera par contre toujours une lutte directe redoutable et incessante pour les ressources foncières. La plupart de ces terres relèvent d'intérêts privés. Cette situation aura une incidence particulièrement marquée sur

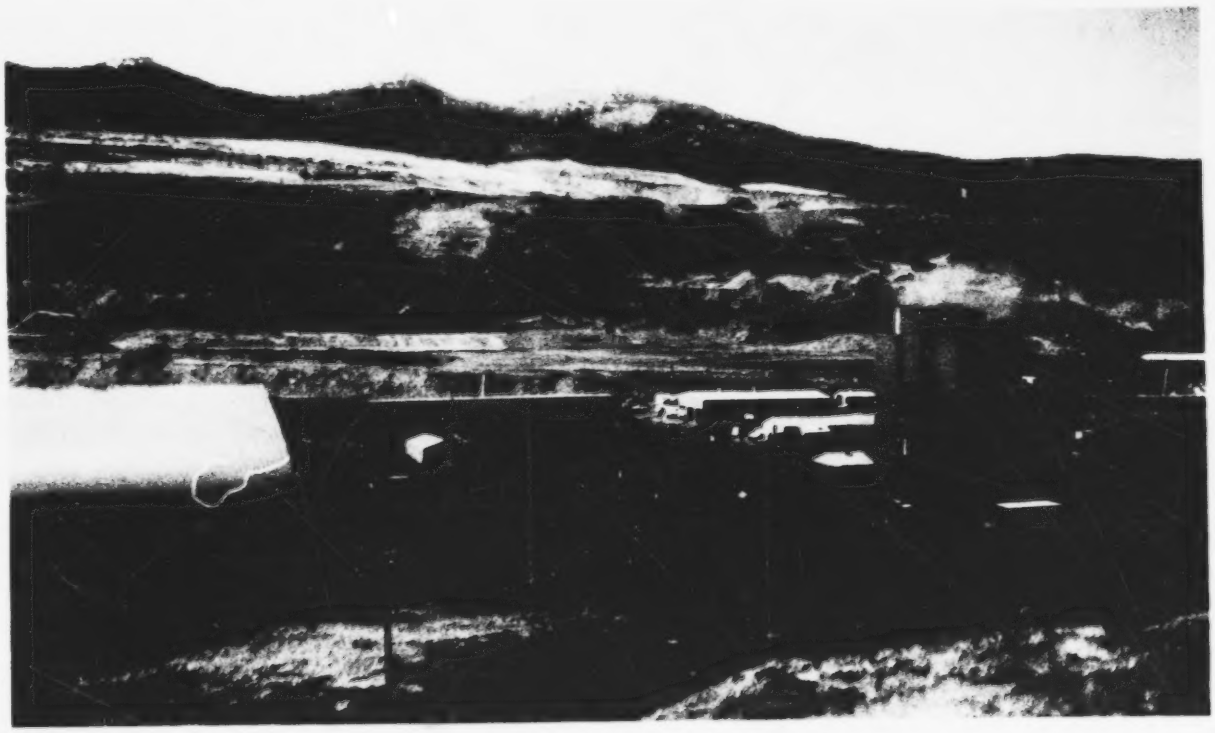
l'expansion de l'exploitation houillère dans les Plaines intérieures méridionales et sur les carrières de sable et de gravier, dans la zone de ressources du bassin inférieur des Grands lacs. On peut s'attendre à ce que la majeure partie de l'opposition manifestée par les agriculteurs à l'égard de l'exploitation minière se fasse sentir dans les Plaines intérieures du Centre (charbon, sable pétrolifère) et dans le centre des basses terres du Saint-Laurent (sable, gravier et roche concassée).

Normalement, l'exploitation minière ne fait pas l'objet d'une concurrence directe pour le même territoire, sauf dans les cas des revendications des autochtones, des terres agricoles et d'utilisations connexes. Au Canada, le centre des basses terres du Saint-Laurent et le bassin inférieur des Grands lacs constituent les seules zones de ressources foncières où la densité urbaine est assez forte pour soulever une opposition constante à l'exploitation des carrières et des sablières. La concurrence dans ces zones est plus forte en raison des revendications du secteur des ressources agricoles.

La menace que les activités minières font planer sur les habitats des poissons et, par conséquent, sur la pêche commerciale et sportive continuera de susciter l'opposition aux nouveaux développements miniers dans toutes les zones de ressources de la Cordillère et des Appalaches. Des cas d'opposition localisée sont prévisibles tout le long de la bordure sud du bouclier canadien.

L'accroissement du nombre de groupes de pression écologiques et conservationnistes ainsi que d'autres organisations a donné lieu à une opposition systématique à l'exploitation minière dans certaines zones de ressources au Canada. Les deux zones les plus importantes sont la Cordillère sud et le bassin inférieur des Grands lacs et, dans une moindre mesure, les basses terres du Saint-Laurent. Dans les deux dernières zones, l'opposition se manifeste surtout à l'égard de l'industrie des granulats et la construction de centrales nucléaires.

Les zones nord et sud de la Cordillère auront probablement à subir les contraintes les plus diverses en rapport avec le futur développement minier. Tant les droits des autochtones que les contraintes environnementales seront sans doute les obstacles les plus difficiles que devra surmonter l'industrie minière. À ces deux facteurs s'ajouteront les problèmes de juridiction et de gestion des ressources, notamment sur les terres appartenant au gouvernement fédéral.



Installations de la Fording Coal Ltd., pour la préparation du charbon, à Elkford (B.-C.)
Photographie : Ian Marshall, Environnement Canada

BIBLIOGRAPHIE

Abbott, D. 1975. *Pedological Inventory of Waste Embankments : Open Pit and Titanium Mines, Quebec and Labrador.* Rapport préparé par le Minerals and Materials Department. New Brunswick Research and Productivity Council, Fredericton, pour CANMET (Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie), Énergie, Mines et Ressources, Ottawa (Ontario).

Abdullah, M.I. and Royle, L. 1972. "Heavy Metal Content of Some Rivers and Lakes in Wales." *Nature.* Vol. 238, pp. 329-330. MacMillan Journals Ltd. London, Angleterre.

Affaires indiennes et du Nord, ministère des. 1973. Déclaration du Ministre au sujet des revendications des Indiens et des Inuits. Ottawa (Ontario).

_____. 1979a. Rapport du Comité consultatif sur l'exploitation minière dans le Nord, 15 août 1979. Programme des Affaires du Nord.

_____. 1979*b*. *Statistiques minières et minérales, au Nord du 60e.*

_____. 1980*a*. *Ibid.*

_____. 1980*b*. *Comprehensive Native Claims in Canada.* Carte.

_____. 1981. Nouvelle politique de planification de l'utilisation des terres du Nord. Communiqué du 31 juillet 1981.

Aggregate Producers Association of Ontario (APGO). 1977. *A Policy for Mineral Aggregate Resource Management in Ontario.* Comments on the Report of the Ontario Mineral Aggregate Working Party submitted to the Minister of Natural Resources, June 10, 1977. Downsview (Ontario).

Aikin, A.M., Harrison, J.M. et F.K. Hare, (Chairman). 1977. *The Management of Canada's Nuclear Wastes.* Rapport d'une étude demandée par le ministre d'Énergie, Mines et Ressources Canada. Approvisionnements et Service Canada, Ottawa (Ontario).

Alberta Department of Energy and Natural Resources. 1977. *A Policy for Resource Management of the Eastern Slopes.* Eastern Slopes Publication, Resource Information Services. Edmonton (Alberta).

Alberta Environment, 1980. Land Conservation and Reclamation Division. Research Secretariat, Edmonton. (Alberta). Communication personnelle.

Alberta, gouvernement de l'. 1976. *A Coal Development Policy for Alberta.* Department of Energy and Natural Resources. Edmonton (Alberta).

Alberta Land Conservation Reclamation Council. 1977. *Guidelines for the Reclamation of Land in Alberta.* Alberta Environment and Alberta Department of Energy and Natural Resources. Edmonton. (Alberta).

Altshuller, A.P. et G.A. McBean, 1979. « Le transport des polluants atmosphériques sur de grandes distances, en Amérique du nord : un examen préliminaire ». Préparé par le groupe consultatif de recherche États-Unis — Canada sur le transport des polluants atmosphériques sur de grandes distances. Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Anderson, J.M. et J.D. Robertson. 1977. *Environmental Considerations at Afton Mines Ltd., Kamloops, C.-B.* Travail présenté lors de la réunion annuelle de l'Institut canadien des mines et de la métallurgie tenue à Ottawa (Ontario).

Annis, R.C., D.A. Cranstone et M. Vallée. 1976. *A Survey of Known Mineral Deposits in Canada That are Not Being Mined.* Secteur de la mise en valeur des gisements de minéraux, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa (Ontario).

_____. 1978. *A Survey of Known Mineral Deposits in Canada That Are Not Being Mined.* Mineral Bulletin, MR181, Politique minérale, Division des ressources et du développement, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa (Ontario).

Arkay, K.E. 1975. "Exploration and Abandonment : Environmental Aspects." *Technology Transfer Seminar on Mining Effluent Regulations/Guidelines and Effluent Treatment Technology as Applied to the Base Metal, Iron Ore, Uranium Mining and Milling Industries.* Service de protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Atkin-Baker, Sara. 1979. *Environmental Quality of Rose Creek as Affected by Cyprus Anvil Mining Corporation Ltd.* Regional Program Report No. 79-25. Environmental Protection Branch Pacific Region, Yukon District Office, Environment Canada.

Aylsworth, J. 1980, "Annual Mineral Review and Forecast : Coal." *Canadian Mining Journal.* Vol. 100, No. 2, pp. 118-132. Southam Communications Ltd. Don Mills (Ontario).

_____. 1981. "Annual Mineral Review and Forecast : Coal". *Canadian Mining Journal.* Vol. 102, No. 2, pp. 143-145. Southam Communications Ltd. Don Mills (Ontario).

Ballantyne, A.R. 1975. "Water Pollution Problems in the Canadian Mining and Milling Industry." *Technology Transfer on Mining Effluent Regulations/Guidelines and Effluent Treatment Technology as Applied to the Base Metal, Iron Ore and Uranium Mining and Milling Industries.* Service de protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Barnett, D. 1977. *Statutory Reclamation and Supply Aspects of Mineral Aggregate Production in Canada.* Rapport préparé pour le Committee No. 1, Technical Mines Minister's Conference, 1977. Mineral Resources Branch, New Brunswick Department of Natural Resources. Frédéricton (N.-B.).

Barney, G.O. 1980. *The Global 2000 Report to the President of the U.S. Entering the 21st Century, Volume 1 : The Summary Report.* Special edition with the Environment Projections and the Government's Global Model. A Report Prepared by the Council on Environment Quality and the Department of State. Pergamon Press, New York (N.Y.).

Bateman, A.M. 1952. *Economic Mineral Deposits.* John Wiley and Sons Inc., New York (N.Y.).

Bell, A.V. 1975. "Base Metal Mine Waste Management in Canada". *Minerals and the Environment.* Edited by M.J. Jones. pp. 45-59. Institute of Mining and Metallurgy. Londres, Angleterre.

Bentley, C.F. 1978. "Canada's Agricultural Land Resources and the World Food Problem". *11th International Congress of Soil Science, Plenary Session Papers.* Vol. 2, pp. 1-26. University of Alberta. Edmonton (Alberta).

Bielenstein, HV., *et al.* 1979. Ressources et réserves houillères du Canada. Rapport ER 79-9F. Secteur de l'énergie, Énergie, Mines et Ressources, Ottawa (Ontario).

Blackeman, W.B. 1978. *An Inventory of the Known Gold Mines in Canada Which Practiced Mercury Amalgamation, 1855-1975.* Rapport interne non publié, Secteur des mines, Direction générale de la lutte contre la pollution des eaux, Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

_____. 1980. *Overview of Water Pollution Aspects of the Canadian Coal Industry.* Division des mines et de la métallurgie, Direction générale de la lutte contre la pollution des eaux, Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Blauch, W.B. 1978. Reclamation of Lands Disturbed by Stone Quarries, Sand and Gravel Pits, and Borrow Pits." *Reclamation of Drastically Disturbed Lands.* Révisé par F.W. Schaller et P. Sutton. pp. 619-628. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America. Madison (Wisconsin).

Boldt, J.R. 1967. *The Winning of Nickel : Its Geology, Mining and Extractive Metallurgy.* Longmans Canada Ltd. Toronto (Ontario).

Bostock, H.S. 1970. "Physiographic Subdivisions of Canada." *Geology and Economic Minerals of Canada.* Edited by R.J.W. Douglas. Economic Geology Report No. 1, pp. 9-30. Geological Survey of Canada. Ottawa (Ontario).

Branch, S.N. 1979. "PCA, Denison Ready Two New Potash Mines in New Brunswick for Mid-80's Production." *Canadian Mining Journal.* Vol. 100, No. 11, pp. 35-41. Southam Communications Ltd., Don Mills (Ontario).

Bridges, L. 1978. "Calgary Power Opts to Expand Highvale Mine, Build Keephills Plant." *Canadian Mining Journal.* Vol. 99, No. 12, pp. 54-57. Southam Communications Ltd., Don Mills (Ontario).

Brown, D.D. 1979. *The Sensitivity of Mineral Commodities to Rail Transport Costs.* Secteur de la politique minérale, rapport interne, MRI 79/10. Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa (Ontario).

_____. 1980. "Mineral Transportation". *Canadian Mining Journal.* Vol. 100, No. 2, pp. 64-67. Southam Communications Ltd. Don Mills (Ontario).

_____. 1981. "Mineral Transportation." *Canadian Mining Journal.* Vol. 101, No. 2, pp. 57-61. Southam Communications Ltd. Don Mills (Ontario).

Burling, R.W., J.E. McInerney (chairman) et W.K. Oldam. 1981. *A Technical Assessment of the Amax/Kitsault Molybdenum Mine Tailings Discharge to Alice Arm, British Columbia.* Revue d'une table ronde préparée pour le ministère des Pêches et Océans, gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario).

Cairns, J. 1979. "Ecological Considerations in Reclaiming Surface Mined Lands." *Minerals and the Environment.* Vol. 1, No. 3, pp. 83-89. Institute of Mining and Metallurgy, Londres, Angleterre.

Canada Gazette, 1979. "Federal Alice Arm Tailings Deposit Regulations" Order-in-Council P.C. 1979-1112, April 10, SOR/79-345. Queen's Printer. Ottawa (Ontario).

Canadian Arctic Resources Committee (CARC). 1981. "Dialogue On Mining Policy." *Northern Perspectives.* Vol. 9, no. 2, p. 7-8. Ottawa (Ontario).

Canada Mining Journal. 1980. *Reference and Buyer's Guide 1980.* 89e édition. Montréal (Québec).

_____. 1981. "1980 Annual Mineral Review and Forecast." *Canadian Mining Journal.* Vol. 101, No. 2, pp. 38-39. Southam Communications Ltd. Don Mills. (Ontario).

Cannon, H.L. 1960. "Botanical Prospecting for Ore Deposits. " *Science.* Vol. 132, pp. 591-598. American Association for the Advancement of Science. Washington (D.C.).

Carlisle, A. et J.S. Maini. eds. 1974. "Conservation de la forêt au Canada". *La conservation au Canada : un aperçu général.* Publication no 1340 du Service canadien des forêts, p. 53-92. Environnement Canada. Ottawa (Ontario).

Carpenter, K.E. 1924. "A Study of the Fauna of Rivers Polluted by Lead Mining in the Aberystwyth District of Cardiganshire." *Annals of Applied Biology.* Vol. 12, pp. 1-23. Association of Applied Biologists, Colchester (Essex), Angleterre.

_____. 1925. "On the Biological Factors Involved in the Destruction of River — Fisheries by Pollution Due to Lead Mining." *Annals of Applied Biology.* Vol. 12, pp. 1-13. Association of Applied Biologists. Colchester (Essex), Angleterre.

_____. 1926. "The Lead Mine as an Active Agent in River Pollution." *Annals of Applied Biology.* Vol. 13, pp. 395-401. Association of Applied Biologists. Colchester (Essex), Angleterre.

Castrilli, J. F. 1977. *Control of Water Pollution from Land Use Activities in the Canadian Great Lakes Basin : An Evaluation of Legislative. Regulatory and Administrative Programs.* Commission mixte internationale. International Reference Group on Great Lakes Pollution from Land Use Activities. Environmental Protection Service, Department of Fisheries and Environment. Windsor (Ontario).

Chambers, W.G. 1980. "Canada's Non-Fuel Mineral Trends and the International Scene." *Canadian Mining Journal.* Vol. 100, No. 2, pp. 51-59. Southan Communications Ltd, Don Mills. (Ontario).

Chambre des Communes, débats à la. Peter Ittinuar, 1979. Volume 123, nº 6, 1ere session du 31e Parlement, le mardi 16 octobre 1979. p. 246-248.

_____. J. Fulton, 1981. *Alice Arm, B.C. Dumping of Tailings by Amax.* Volume 124, nº 22, 1ère session du 32e Parlement, le vendredi 16 janvier 1981, p. 1.

Clarke, R. McV. 1974. *The Effects of Effluents from Metal Mines on Aquatic Ecosystems in Canada : A Literature Review.* Rapport technique no 488, service des pêches et de la marine. Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Clayton, J.S. *et al.* 1977. *Soils of Canada : Volume 1, Soil Report. Volume 2, Soil Inventory.* Publication No. 1544. Direction de la recherche, Agriculture Canada, Ottawa (Ontario).

Clements, J.R. 1974. "Organismes de conservation au Canada". *La conservation au Canada : un aperçu général.* Publication nº 1340 du Service Canadien de la forêt, p. 343-414. Environnement Canada, Ottawa (Ontario)..

Coates, W.E. 1972. "Social Ecology of Surface Mining." *Canadian Mining and Metallurgical Bulletin.* Vol. 65, pp. 53-60.

_____. 1975. "Can Surface Mining be Compatible with Urbanization ?" *Canadian Mining and Metallurgical Bulletin.* Vol. 68, No. 763, pp. 41-47.

_____. 1976. "New Uses for Old Quarries." *Bulletin of The Conservation Council of Ontario.* Vol. 23, No. 2, pp. 12-20.

Coates, W.E. et O.R. Scott, 1979. "A Study of Pit and Quarry Rehabilitation in Southern Ontario." *Ontario Geological Survey.* Miscellaneous Report No. 83. Toronto (Ontario).

Collings, R.K. 1975. *Mineral Waste Resources of Canada, Report No. 1 — Mining Wastes in Quebec.* Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET). Report 76-2. Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa (Ontario).

_____. 1977. *Mineral Waste Resources of Canada, Report No. 2 — Mining Wastes in Quebec.* Centre Canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET), Rapport 76-55, Énergie. Mines et Ressources Canada, Ottawa (Ontario).

_____. 1979. *Mineral Waste Resources of Canada, Report No. 3 — Mining Wastes in British Columbia.* Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET). Rapport 77-22, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa (Ontario).

Collins, R.J. et R.H. Miller, 1979. "Utilization of Mining and Mineral Processing Wastes in the United States." *Minerals and the Environment.* Vol. 1, No. 1, pp. 8-19. Institue of Mining and Metallurgy. Londres. Angleterre.

Colombie-Britannique. 1976. *Coal in British Columbia : A Technical Appraisal.* Coal Task Force. Report of the Technical Committee. Queen's Printer. Victoria (C.-B.).

_____. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources. 1979. *Procedures for Obtaining Approval of Metal Mine Development* Victoria (C.-B.).

_____, Province de la. 1980. *Royal Commission of Inquiry, Health, and Environmental Protection, Uranium Mining Commission's Report.* Vol. 1. Queen's Printer. Victoria (C.-B.).

Commission canadienne des transports. 1978. *L'industrie Canadienne des agrégats minéraux : accent sur les transports.* Direction de l'exploitation et des tarifs. Commission canadienne des transports, Ottawa-Hull.

Commission mixte internationale, 1979. *International Poplar River Water Quality Study, Appendix E : Plant, Mine and Reservoir Operations.* Poplar River Water Quality Board. Windsor (Ontario).

Conférence fédérale-provinciale sur les parcs. 1976. Système de classification des parcs ; Parcs provinciaux et nationaux. Conférence tenue du 18-22 octobre 1976 à Régina, Saskatchewan. Parcs Canada, Affaires indiennes et du Nord.

Conseil national de recherches. 1973. *Le plomb dans l'environnement canadien.* Publication nº 13683 du CNRC. Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'environnement. Ottawa (Ontario).

_____. 1975. *Mineral Resources and the Environment.* Committee on Mineral Resources and the Environment. National Academy of Science. Washington (D.C.).

_____. 1977a. *Le soufre et ses dérivés alcalins dans l'environnement canadien.* Publication nº 15016 du CNRC. Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'environnement. Ottawa (Ontario).

_____ . 1977*b*. *Les effets des hallogénures alcalins dans l'environnement canadien*. Publication nº 15020 du CNRC. Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'environnement. Ottawa (Ontario).

Conservation Council of Ontario. 1977. *A Brief to the Minister of Natural Resources on the Report of the Ontario Mineral Aggregate Working Party*. 29 juin 1977. Toronto (Ontario).

Coote, D.R. 1980. "Agriculture and Water Quality in the Canadian Great Lakes Basin." *Canada Agriculture*. Vol. 25, No. 1, pp. 3-6.

Coote, D.R., J. Dumanski et J.F. Ramsey. 1981. *Une évaluation de la dégradation des terres agricoles du Canada*. Institut de recherche sur les terres. Agriculture Canada. Ottawa (Ontario). Sous presse.

Dennis, W.H. 1965. *Extractive Metallurgy*. Philosophical Library Inc. New York (N.Y.).

Énergie, Mines et Ressources Canada. *Towards a Mineral Policy for Canada*. Secteur de la mine en valeur des minéraux, Approvisionnements et services Canada, Ottawa (Ontario).

_____ . 1974*b*. *L'Atlas national du Canada*. Direction des levés et de la cartographie. The MacMillan Company of Canada Limited. Ottawa. (Ontario).

_____ . 1975. *Mineral Area Planning Study*. Série sur la politique minérale, Approvisionnements et Services Canada, Ottawa (Ontario).

_____ . 1976*a*. *Mineral Industry Trends and Economic Opportunities*. Série sur la politique minérale, MR 158. Secteur de la mise en valeur des minéraux, Approvisionnements et Services Canada. Ottawa (Ontario).

_____ . 1976*b*. *Minerals, Science and Technology*. Série sur la politique minérale. MR 161. Minéraux. Approvisionnements et Services Canada, Ottawa (Ontario).

_____ . 1977. *Metal and Industrial Mineral Mines and Processing Plants in Canada*. Operators List 1. Mise en valeur des minéraux. Approvisionnements et Services Canada. Ottawa. (Ontario).

_____ . 1978. *Le Canada et l'énergie :* aperçu. Rapport EI-78-8F, Énergie, Mines et Ressources Canada. Ottawa (Ontario).

_____ . 1979*a*. *Coal Mines in Canada*. Operators List 4. Mise en valeur des minéraux. Approvisionnements et services Canada, Ottawa (Ontario).

_____ . 1979*b*. *Énergie, revue des principaux événements 1978*. Rapport EI-79-2F, secteur de la politique de l'énergie, Approvisionnements et services, Ottawa (Ontario).

_____ . 1979*c*. *L'évaluation en 1978 de l'offre et de la demande sur le marché canadien de l'uranium*. Rapport EP 79-3F, secteur de la politique de l'énergie. Approvisionnements et Services. Ottawa (Ontario).

_____ . 1979*d*. *Principales régions minières du Canada*. Secteur de la politique minérale et Commission géologique du Canada : carte 900A.

_____ . 1979*e*. *The Canadian Non-Fuel Mineral Industry to 1985*. Rapport interne MRI 79/1. Secteur de la politique de l'énergie.

_____ . 1980*a*. *Canadian Mineral Deposits Not Being Mined in 1980*. Rapport interne MRI 80/7. Section inventaire national des minéraux. Secteur de la politique minérale, Ottawa (Ontario).

_____ . 1980*b*. *Les mines au Canada : perspective 1979*. Réserves, capacité d'approvisionnement, mise en valeur, exploration. Bulletin minéral MR 187. Minéraux. Approvisionnements et Services Canada, Ottawa (Ontario).

_____ . 1980*c*. *The Canadian Non-metallic Minerals/Products Sector to 1985*. Rapport interne MRI 80/13. Minéraux. Ottawa (Ontario).

_____ . 1980*d*. *Regional Profiles 1979*. Rapport interne 80/2, Mineraux. Ottawa (Ontario).

_____ . 1980*e*. *Some Common Regional Constraints to Mine Development*. Rapport interne MRI 80/18. Minéraux. Ottawa (Ontario).

Down, C.G. et J. Stocks, 1977. *Environmental Impact of Mining*. Halstead Press, John Wiley & Sons. New York (N.Y.).

Draper, W.D. et L. Dwyer, 1979. Power Generation and Energy Division, Direction générale de la lutte contre la pollution des eaux. Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Dreisinger, B.R. 1970. *SO_2 Levels and Vegetation Injury in the Sudbury Area During the 1969 Season.* Department of Energy and Resources Management, Province of Ontario. Sudbury (Ontario).

Dubnie, A. 1972. *Surface Mining Practice in Canada.* Direction des mines, circulaire nº 292. Centre de recherche minière, Énergie, Mines et Ressources, Ottawa (Ontario).

Durum, W.H. 1971. "Chemical, Physical and Biological Characteristics of Water Resources." *Water and Water Pollution Handbook.* Edited by L.L. Caicca. Vol. 1. Marcel Dekker Inc. New York (N.Y.).

Edmonton Power Corporation, 1977. "Application to the Energy Resources Conservation Board for Approval to Construct, Connect and Operate the Genesee Power Plant and Mine." *Environmental Impact Assessment — Draft Report.* Volume IV, Part 2.

Environnement Canada, 1972. *Questionnaire on Metal Mining.* Résultats non publiés. Mines. Direction générale de la lutte contre la pollution des eaux.

_____ . 1977. "Statutory and Environmental Protection Aspects of Mineral Aggregates and Industrial Minerals Production in Eastern Canada : Inventory of Active and Abandoned and or Intermittently Used Sand, Gravel, Rock Aggregate and Industrial Mineral Sites in Eastern Canada." Rapport non publié préparé par W.B. Blakeman and Associates, Ottawa, pour la Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

_____ . 1979a. *Inventaire national des rejets de polluants dans l'atmosphère (1974). Révision économique et technique* Rapport EPS-3-AP-78-2F. Direction générale de l'assainissement de l'air. Service de la protection de l'environnement. Ottawa (Ontario).

_____ . 1979b. *Coal and the Inland Water Environment of Atlantic Canada.* Water Planning and Management Branch, Inland Waters Directorate. Atlantic Region. Halifax (N.-É.).

_____ . 1979c. *Environmental Monitoring of Coal Mining and Beneficiation Facilities in Nova Scotia and New Brunswick, Canada.* Surveillance Report EPS-5-AR-79-5. Environmental Protection Service. Halifax. (N.-É.).

_____ . 1979d. *Politique fédérale en foresterie.* Document de travail approuvé par le Comité de développement économique. Décembre 1979. Service canadien des forêts. Environnement Canada. Ottawa (Ontario).

_____ . 1979e. *Eldorado Uranium Hexa-Fluoride Refinery : Port Granby, Ontario.* Report of the Environmental Assessment Panel. Report No. 4. Federal Assessment Review Office. Ottawa (Ontario).

_____ . 1980. *Eldorado Uranium Refinery : Rural Municipality of Corman Park, Saskatchewan.* Report of the Environmental Assessment Panel. Report No. 13, Federal Assessment Review Office. Ottawa (Ontario).

Environment Council of Alberta 1979. *The Environmental Effects of Forestry Operations in Alberta : Report and Recommendations.* Edmonton (Alberta).

Errington, J.C. 1978. Inspection and Engineering Branch, Reclamation Section. British Columbia Department of Mines and Petroleum Resources. Communication personnelle. Victoria (C.-B.).

_____ . 1979. *Revegetation Studies in the Peace River Coal Block, 1978.* Paper 1979-3. Inspection and Engineering Division, British Columbia Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources. Victoria (C.-B.).

Exploration 1980 : Areas. 1980. *Western Miner.* Vol. 53, No. 2, pp. 12-70. Western Miner Ltd. Vancouver (C.-B.).

Falkie, T.V. et L.W. Saperstein. 1971. *Land Reclamation for the Mining Industry — An Overview.* American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Environmental Quality Conference for Extractive Industries. June 7-9. Paper EQC 32. Washington (D.C.).

F.F. Slaney and Co. Ltd. 1971. *Surface Coal Mining Operations in Alberta.* Rapport préparé pour Alberta Environment Conservation Authority. Edmonton. (Alberta).

Fibert, L.T. et coll. 1975. *Cadmium in the Environment* 2nd Edition. Blackwell Scientific Publications. New York (N.Y.).

Fish, R. 1979. "Midwest Lake May Go Underground Despite Grade." *Canadian Mining Journal.* Vol. 100. No. 8, pp. 32, 35, 37, 38. Southam Communications Ltd. Don Mills (Ontario).

Freedman, B. et T.C. Hutchinson. 1980. "Pollutant Inputs from the Atmosphere and Accumulations in Soils and Vegetation near a Nickel — Copper Smelter at Sudbury, Ontario, Canada." *Canadian Journal of Botany.* Vol. 58, No. 1, pp. 108-132. Conseil national de la recherche, Ottawa (Ontario).

Gagnon, E.W. 1977. *Technologie de la lutte contre la pollution atmosphérique dans les mines de l'Arctique.* Rapport EPS 3-AP-76-4F. Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Galbraith, D.M. 1978. "Air Photos and Coal Exploration Procedure." *Reclamation of Land Disturbed by Mining.* pp. 23-49 des Actes du 2nd Annual British-Columbia Mine Reclamation Symposium, tenu du 1-3 mars 1978 à Vernon (C.-B.). British Columbia Ministry of Mines and Petroleum Ressources and Mining Association of British Columbia. Victoria (Alberta).

George, R. 1980. "More Energy for B.C. in Peace River Coal." *Canadian Geographic.* Vol. 100, No. 1, pp. 26-33. Royal Canadian Geographical Society. Ottawa (Ontario).

Gierman, D.M. 1977. *Rural to Urban Land Conversion.* Direction générale des terres, Occasional Paper No. 16. Pêches et Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Globe and Mail. 1976. "Tory MLA in forefront of fight to save Alberta farmland from strip mine plan." July 6, 1976. p. 9. Toronto. (Ontario).

_____ . 1979. "Natives opposed to Labrador mine. Others criticize lacked information." December 6, 1979. Toronto (Ontario).

_____ . 1980. "Residents Fear Uranium Mine Will Ruin Area." August 29, 1980. p. 10. Toronto. (Ontario).

Goettel, A.W. 1977. "A Perspective of Resource Development on Agricultural Land." *Proceedings : Alberta Soil Science, Workshop on Soil Conservation Reclamation and Research.* Actes d'une conférence tenue les 1-2 février 1977 à Red Deer (Alberta), pp. 93-107. Soil and Feed Testing Laboratory. Alberta Agriculture. Edmonton (Alberta).

Goodman, G.T. 1974. *Ecology and the Problem of Rehabilitation Wastes from Mineral Extraction.* Proceedings of the Royal Society of London. A 339, pp. 373-387. Londres. Angleterre.

Goodman, G.T. et S.A. Bray. 1975. *Ecological Aspects of the Reclamation of Derelict and Disturbed Land : An Annotated Bibliography.* National Environmental Research Council London. Geo Abstracts Ltd., Norwich, Angleterre.

Gordon, A.G. et E. Gorham. 1963. "Ecological Aspects of Air Pollution from an Iron-sintering Plan at Wawa, Ontario." *Canadian Journal of Botany.* Vol. 41, No. 7, pp. 1063-1078.

Goyette, D. et H. Nelson. 1977. *Marine Environmental Assessment of Mines Waste Disposal Into Rupert Inlet, B.C.* Surveillance Report EPS-PR-77-11. Pacific Region, Environment Canada. Vancouver (Alberta).

Grimley, A.W.T. 1974. "Underground Coal Mining Using the Hydraulic Method." *C.I.M. Bulletin.* Vol. 67, pp. 44-47. Institut canadien des mines et de métallurgie, Montréal (Québec).

Gunn, A.M. 1979. *Minerals in British Columbia.* British Columbia Ministry of Mines and Petroleum Resources. Victoria (Alberta).

Hamilton, S.A. 1980. *Land Use for Mineral Based Activities.* Rapport interne MRI 80/4. Secteur de la politique minérale. Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa (Ontario).

Harvey, H.H. 1976. *Aquatic Environmental Qualité : Problems and Prospects.* Fisheries Research Board of Canada. Rapport nº 12, Pêches et Environnement Canada. Ottawa (Ontario).

Hawley, J.R. 1972. *The Problem of Acid Mine Drainage in the Province of Ontario.* Pollution Control Branch, Ontario Ministry of Environment. Toronto. (Ontario).

_____ . 1977. *The Use, Characteristics and Toxicity of Mine-Mill Reagents in the Province of Ontario.* Pollution Control Branch, Ontario Ministry of Environment. Toronto (Ontario).

Hermans, J.C. et A.W. Goettel. 1980. "The Impact of Surface Mining on Agriculture in Alberta." *Proceedings of Adequate Reclamation of Mined Lands.*" pp. 11.1-11.10 des Actes du symposium de la Soil Conservation Society of America, tenu les 26-27 mars 1980 à Billings (Montana).

Hocking, D. 1974. *The Forest Impact of Sulphur Dioxide Fumes from Underground Combustion of Sulphide Ores Near Kimberley, B.C.* Canadian Forestry Service, Department of Environment. Edmonton. (Alberta).

Hora, Z.D. 1981. " Aggregate Resources of Greater Vancouver and the B.C. Lower Mainland : The Problems and Outlook for the Future." *CIM Bulletin.* Vol. 74, No. 827, pp. 129. Institut canadien des mines et de métallurgie, Montréal (Québec).

Hubbard, W.F. et M.A.M. Bell. 1977. *Reclamation of Lands Disturbed by Mining in Mountainous and Northern Areas : A Selected Bibliography and Review Relevant to British Columbia and Adjacent Areas.* Préparé par Biocon Research Ltd., Victoria, pour le British Columbia Ministry of Mines and Petroleum Resources, Inspection Branch. Victoria. (C.-B.).

Humphries, D. et J. Rusk. 1980. "Impact on religion holds up proposal for nuclear refinery." *Globe and Mail.* August 7, 1980, p. 1 & 2. Toronto (Ontario).

Hutchinson, T.C. 1973. "Comparative Studies of the Toxicity of Heavy Metals to Phytoplankton and Their Synergistic Interactions." *Water Pollution Research in Canada.* Vol. 8. Pergamon Press Inc. Oxford, Angleterre.

Hutchinson, T.C. et L.M. Whitby. 1974. "Heavy Metal Pollution in the Sudbury Mining and Smelting Region of Canada. I. Soil and Vegetation Contamination by Nickel, Copper, and Other Metals." *Environmental Conservation.* Vol. 1, No. 2, pp. 123-132. Lausanne. Suisse.

Interface. 1980. "The Niagara Escarpment... Still." Vol. 3, No. 4., p. 2.

International Nickel Co. of Canada (INCO), 1976. "Copper Smelting". *Extractive Metallurgy of Copper, Vol. 1 : Pryrometallurgy and Electrolytic Refining.* Edited by J.C. Yannopoulos and J.C. Agarwal. pp. 218-233. Metallurgical Society of AIME. New York. (N.Y.).

Jeffrey, W.G. 1980. *Challenge of Mining In the 80's.* Rapport interne MRI 80/20. Secteur de la politique minérale. Énergie, Mines et Ressources, Ottawa (Ontario).

_____ . 1981. *Industry — Government Relations. Mineral Issues and Policy Framework.* A Background Paper. Rapport interne MRI 81/1. Secteur de la politique minérale. Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa (Ontario).

Institut d'agriculture du Canada. 1975. "Land Use in Canada — Farm Land Canada's Threatened Natural Resource." *Agrologist.* Rapport spécial, vol. 8, nº 4. Ottawa (Ontario).

_____ . 1979a. "Ecoagriculture, Past or Future ?" *Agrologist.* Rapport spécial, vol. 8, nº 4, Ottawa (Ontario).

_____ . 1979b. *Soil Erosion on Agricultural Land in Canada.* Préparé par le Comité de la Conservation des sols, décembre 1979. Ottawa (Ontario).

Jewett, G.A. 1976. "The Pits and Quarries Control Legislation in Ontario — Past, Present and Future." *Geographical Inter-University Resources Management Seminars.* Vol. 6, pp. 4-12. Department of Geography. Université Wilfrid Laurier, Waterloo (Ontario).

_____ . 1977. "Aggregates : A Case Study of Resource Management in Ontario — A Challenge in Communication." *Ontario Geological Survey.* Travail présenté lors de la 79e assemblée générale de l'Institut canadien des mines. Publication MP 74. Toronto (Ontario).

Johnson, W.B. et R.E. Ruff. 1975. *Observational Systems and Techniques in Air Pollution Meteorology.* Edited by C.A. Hansen. Lectures on Air Pollution and Environmental Impact Analysis. American Meteorological Society. Boston (Mass.).

Johnson, E.W. 1979. "Land Reclamation in Saskatchewan Agriculture." *Proceedings : Fourth Annual Meeting Canadian Land Reclamation Association.* Actes de la réunion annuelle tenue du 13-15 août 1979 à l'université de Régina, Régina (Sask), p. 1-4. Canadian Land Reclamation Association, Guelph (Ontario).

Katz, A. 1972. "Mercury Pollution : The Making of an Environmental Crisis." *CRC Critical Reviews in Environmental Control.* Vol. 2, pp. 517-534. RC Press Inc. Boca Raton, (Fla.).

Kaufman, A. et M. Nader. 1966. *Water Use in the Mineral Industry.* United States Bureau of Mines. Washington (D.C.).

Keith, R.F., *et al.* 1981. "Mining in the North." *Northern Perspectives.* Vol. 9, No. 2. pp. 1-7. Ottawa (Ontario).

Kellog, W.W., *et al.* 1975. "The Sulphur Cycle." *Science.* Vol. 175, pp. 587-596. American Association for the Advancement of Science. Washington, (D.C.).

Kennedy, Thomas, 1980. "Cree assert claim to vast land area". *Globe and Mail.* April 29, 1980. Toronto (Ontario).

Ketcheson, J.Q., Y.A. Martel, et A. Maclean. 1979. "Eastern Canadian Soils." *Agrologist.* Vol. 8, No. 4. p. 16-17.

Koch, T. 1981. "Inquiry wanted into Alice Arm Mine." *The Province.* January 16, 1981. Vancouver (Alta).

Krenkel, P.A. 1974. "Mercury : Environmental Consideration. Part II." *CRC Critical Review in Environmental Control.* Vol. 4, pp. 251-339. RC Press Inc. Boca Raton, (Fla.).

Kreuger, R.R. 1976. "Monitoring the Land-Use Controversy in the Niagara Fruit Belt : 1931-1977." *Geographical Inter-University Resource Management Seminars.* Vol. 7. Department of Geography, Université Wilfrid Laurier, Waterloo (Ontario).

_____. 1978. "Urbanization of the Niagara Fruit Belt." *The Canadian Geographer.* Vol. XXII, No. 2. Canadian Association of Geographics. Montreal (Québec).

Labuda, J., *et al.* 1979. "Forecast of Canadian Coal Production in 1980, 1990, and 2000." Dépouillement non publié des données sur la production et la consommation de charbon envisagées. Environnement Canada. Ottawa (Ontario).

Land Use Policy Committee. 1978. *Mineral Lands.* Fact Sheet No. 4. Government of Saskatchewan. Regina (Sask.).

Laughlin, W.H. 1980. *Non-Fuel Mineral Exploration in Canada to 1985.* Rapport interne MRI 80/21. Politique minérale, Énergie, Mines et Ressources Canada. Ottawa (Ontario).

Leduc, G., H. Ruber et M. Webb 1973. *Toxicity of Mine Flotation Reagents.* ALUR Report 72-73-34. Ministère des Affaires indiennes et du Nord. Ottawa (Ontario).

LeRoy, J. et H. Keller. 1972. "How to Reclaim Mined Areas, Tailings Ponds and Dumps into Valuable Land." *World Mining.* pp. 34-41. Miller Freeman Publications. Sans Francisco (Cal.)

Little, H.W. 1974. "Uranium Deposits in Canada : Their Exploration, Reserves and Potential." *CIM Bulletin.* Vol. 77, No. 3, pp. 155-163. Institut Canadien des mines et de métallurgie. Montréal (Québec).

Lowe, S.B. 1979. *Trees and Shrubs : For the Improvement and Rehabilitation of Pits and Quarries in Ontario.* Mineral Resources Branch, Ontario Ministry of Natural Resources. Toronto (Ontario).

Lucas, A.R. et E.B. Peterson. 1978. "Northern Land Use Law and Policy Development : 1972-78 and the Future." *Northern Transitions, Volume II : Second National Workshop on People, Resources and the Environment North of 60°.* Edited by R.F. Keith and J.B. Wright. pp. 63-93. Comité sur les ressources dans l'Arctique, Ottawa (Ontario).

Lvovitch, M. 1972. "World Water Balance." *Proceedings Reading Symposium.* Vol. 1, UNESCO. Genève, Suisse.

MacLeod, William, 1977. *Water Management in the Canadian North : The Administration of Inland Waters North of 60°.* pp. 65-66. Comité sur les ressources dans l'Arctique, Ottawa (Ontario).

Macpherson, J.E. 1978*a*. "The Pine Point Mine." *Northern Transitions, Volume I : Northern Resource and Land Use Policy Study.* Edited by E.B. Peterson and J.B. Wright. pp. 65-110. Comité sur les ressources dans l'Arctique, Ottawa (Ontario).

_____. 1978*b*. "The Cypress Anvil Mine". *Ibid.*, pp. 111-150. Comité sur les ressources dans l'Arctique. Ottawa (Ontario).

MacWilliams, W.A. et R.G. Reynolds. 1973. "Solution Mining of Sodium Sulphate." *CIM Bulletin.* Vol. 66, pp. 115-119. Institut canadien des mines et de la métallurgie. Montréal (Québec).

Malloy, P. et R.P. Tapper. 1978. "Dickenson Mines Ltd." *Milling Practice in Canada.* Edited by D.E. Pickett. Institut canadien des mines et de la métallurgie. Montréal (Québec).

Manning, E.W. et J.D. McCuaig. 1977. *Terres agricoles et centres urbains.* Inventaire des terres du Canada, rapport no 11. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Marchand, M., J.A. Morin, et D.B. Craig. 1979. *Yukon Mineral Exploration,* 1978. Rapport interne. Northern Natural Resources and Engineering Department, Department of Indian Affairs and Northern Development. Whitehorse (Yukon).

Marshall, I.B. *Mines, utilisation des sols et environnement. II. Compte-rendu sur les travaux de remise en état des terres perturbées par l'exploitation minière. Collection "Utilisation des terres au Canada. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa (Ontario). En préparation.*

Marshall, W.J., et al. 1974. *Quebec Metal Mines and the Environment.* Comité de l'environnement. Association des métaux du Québec. Québec

Martin, H.L., D.A. Cranstone, et J. Zwartendyk, 1976. *Metal Mining In Canada 1976-2000.* Collection sur la politique minérale, MR 167. Approvisionnements et Service Canada. Ottawa (Ontario).

McDonald, J.D. 1977. "Reclamation Planning for the Northeastern British Columbia Coal Block." *Proceedings : Coal Industry Reclamation Symposium.* pp. 108-126. Coal Association of Canada. Calgary (Alberta).

McGovern, P.C. et O. Balsillie. 1973. "How Sulphur Dioxide Affects Vegetation in the Sudbury Area." *Water and Pollution Control.* Vol. III, No. 4, pp. 70, 73-74, 76-79. Southam Business Publications Ltd. Don Mills (Ontario).

McKinsky, H.E. 1948. *Mining Geology.* Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs (N.J.).

McLaren, Christie. 1981. "Le Blanc swayed by mounting Amax criticism." *Globe and Mail.* March 31, 1981. p. 8. Toronto (Ontario).

McLellan, A.G. 1971. "Problems Facing a Growing Aggregate Industry — A Canadian Assessment." *Journal of Cement, Lime and Gravel.* Vol. 46, No. 9, pp. 217-219.

_____ . 1972. "The Impact of Surface Mining on Environmental Quality in Ontario." *Ontario Geography Teachers, Association.* No. 4, pp. 11-14.

_____ . 1973. "Derelict Land in Ontario : Environmental Crime or Economic Shortsightedness ?" *Bulletin of The Conservation Council of Ontario.* Vol. 20, No. 4, pp. 9-14.

_____ . 1975. "The Aggregate Dilemma, Surface Mining in Canada : The Conflicts of Public Sentiment and Industrial Conscience." *Bulletin of the Conservation Council of Ontario.* Vol. 22, No. 4, pp. 12-21.

McLellan, A.G., S.E. Yundt, et M.L. Dorfman, 1979. *Abandoned Pits and Quarries in Ontario. A Program for their Rehabilitation.* Ontario Geological Survey. Miscellaneous Paper 79, Toronto. (Ontario).

McNeely, R.N., V.P. Neimanis, et L. Dwyer, 1979. Références sur la qualité des eaux. Guide des paramètres de la qualité des eaux. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

McTaggart-Cowan, I. 1976. "Cumulative Impact of Development of the Mackenzie Estuary/Delta, N.W.T." *Mackenzie Delta : Priorities and Alternatives.* Actes d'une conférence tenue à Ottawa les 3-4 décembre 1975. Comité sur les ressources dans l'Arctique. Ottawa (Ontario).

Mertes, J.D. 1978. "Criteria For Selecting Lands That Are Not To Be Disturbed." *Reclamation of Drastically Disturbed Lands.* Edited by F.W. Schaller and P. Sutton. pp. 205-222. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America. Madison (Wisconsin).

Mickelborough, R.O. 1977. "Strip Mine Planning and Reclamation." *Proceedings : Coal Industry Reclamation Symposium.* pp. 135-138. Coal Association of Canada. Calgary (Alberta).

Minerals and the Environment. 1980. *Editorial.* Volume 2, No. 1.

Mining Association of British Columbia. 1972. "Mining and Milling." *Public Inquiry, into the Matter of Waste Discharges from the Mining, Milling and Smelting Industries.* Appendix A. British Columbia Department of Lands, Forests and Water Resources, Water Resources Service, Pollution Control Branch. Vancouver (C.-B.).

Mining Association of Canada. 1979. *Mining in Canada : Fact and Figures.* Ottawa (Ontario).

Morgenstern, E.K. 1978. "Tree Seed Production and Improvement in Canada — Research and Development Needs for 1977-87 : The National Scene." *Proceedings of The Canadian Forestry Workshop on Tree Seed Production In Canada.* Conférence tenue en avril 1978 à l'Institut national forestier. Petawawa, Service canadien des forêts. Environnement Canada. Ottawa (Ontario).

Muirhead, C.T. 1978. "The War Against Gravel Pits." *Globe and Mail.* June 23, 1978. Toronto (Ontario).

Mukammel, E.I. 1968. *Air Pollution, Meteorology and Plant Injury.* Technical Note No. 96. Organisation météorologique mondiale, Genève, Suisse.

Muloin, W.H. 1978. "Progressing of Iron Ores." *Milling Practice in Canada.* Edited by D.E. Pickett. pp. 233-235. Institut canadien des mines et de la métallurgie. Montréal (Québec).

Murray, D.R. 1977*a. Pit Slope Manual : Supplement 10-1 ; Reclamation by Vegetation. Vol. 1 — Mine Waste Description and Case Histories.* Rapport 77-31. Le centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa (Ontario).

———— . 1977*b. Pit Slope Manual : Supplement 10-1 ; Reclamation by Vegetation, Vol. 2 — Mine Waste Inventory by Satellite Imagery.* Rapport 7-58. Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET), Énergie, Mines et Ressources Canada. Ottawa (Ontario)

Murtha, P.A. 1974. "Detection of SO_2 Fume Damage to Forests on ERTS-1 Imagery." *Canadian Surveyor.* Vol. 28, pp. 167-170. Canadian Institute of Surveying. Ottawa.

National Academy of Sciences. 1974. *Rehabilitation Potential of Western Coal Lands.* Study committee on the potential for rehabilitating lands surface mined for coal in the Western United States. Ballinger Publishing Co. Cambridge (Massachusetts).

Naysmith, J.C. 1973. *Toward a Northern Balance.* Ministère des Affaires indiennes et du Nord. Ottawa (Ontario)

———— . 1975. *Land Use and Public Policy in Northern Canada.* Ministère des Affaires indiennes et du Nord. Ottawa (Ontario).

Neimanis, V.P. 1979. *Les villes canadiennes et les terres environnantes.* Inventaire des terres du Canada. Direction générale des terres. Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Northern Miner. 1968. *Mining Explained.* Northern Miner Press Ltd. Toronto (Ontario).

O'Driscoll, C. 1979. "Newfoundland — Labrador : Renewed Exploration Interest." *Western Miner.* Vol. 52, No. 2, pp. 10-12. Western Miner Ltd. Vancouver (C.-B.)

Ontario, gouvernement de l'. 1977. *A Policy for Mineral Aggregate Resource Management in Ontario.* Report of the Ontario Mineral Aggregate Working Party. Ministry of Natural Resources. Toronto (Ontario).

———— . 1979. "An Act to Revise the Pits and Quarries Control Act, 1971. (To be called "The Aggregate Act")". 3rd session, 31st Legislature. June 13, 1979. Queen's Printer for Ontario. Toronto (Ontario).

Ontario, ministère de la santé de l'. 1974. *Effect on Human Health of Lead from the Environment.* Toronto (Ontario).

Ottawa Journal. 1980. "Valley Mineral Search Ends." March 27, 1980. p. 2. Ottawa (Ontario).

Oziewicz, Stan. 1980. "Industry ; rate payers, environmentalists oppose gravel pits bill." *Globe and Mail.* February 21, 1980. p. 20. Toronto (Ontario).

Pabst, M. 1979. "Mineral Forecast." *Canadian Mining Journal.* Vol. 100, No. 10, pp. 24-46.

———— . 1980. "Health of Canadian Mines Seen In $8.6 Billion Spending Plans." *Canadian Mining Journal.* Vol. 101, No. 10, pp. 40-81. Southam Communications Ltd. Don Mills (Ontario).

Pagham, W.A. 1979. *Mineral Exploration Northwest Territories, 1978.* Internal Report. Northern Natural Resources and Engineering Branch, Department of Indian Affairs and Northern Development. Yellowknife (Yukon).

Paone, J. *et al.* 1974. *Land Utilization and Reclamation In The Mining Industry 1930-1971.* United States Bureau of Mines. Information Circular 8642. Government Printing Office, Washington (D.C.).

Parcs Canada. 1979. *Politique de Parcs Canada.* Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Pearson, G.G. 1975. "Preservation of Agricultural Land : Rationale and Legislation — The B.C. Experience." *Canadian Journal of Agricultural Economics — Agricultural Land Use in Canada.* Actes de l'atelier de la Canadian Agricultural Economics Society, tenu du 19-21 mars 1975 à Banff (Alberta).

Pêches et Océans Canada. 1977. *Règlements et directives sur les effluents liquides des mines de métaux.* Rapport EPS 2-WP-77-2. Direction générale de la lutte contre la pollution des eaux, Ottawa (Ontario).

Peterson, E.B. et H.M. Etter. 1970. *A Background for Disturbed Land Reclamation and Research in the Rocky Mountain Region of Alberta.* Information Report A-X-34. Forest Research Laboratory, Canadian Forestry Service, Environment Canada. Edmonton (Alberta).

Plitt, L.R. 1978. "Athabasca Tar Sands." *Milling Practice in Canada.* Edited by D.E. Pickett. CIM Special Volume, No. 16, pp. 373-377. Institut canadien des mines et de la métallurgie. Montréal (Québec).

Poliquin, R.J. 1977. Land Protection Branch. Saskatchewan Department of Environment. Personal Communication. Regina (Sask.).

Public Sector, The. 1980. "Ontario Aggregates Industry Claims Bill Would Hike Costs." April 21, 1980.

Rabbitts, F.T. *et al.* 1971. *Environmental Control in the Mining and Metallurgical Industry in Canada.* Comité national consultatif sur la recherche minière et métallurgique. Montréal (Québec).

Ramani, R.U. et E.C. Grim. 1978. "Surface Mining — A Review of Practices and Progress in Land Disturbance Control." *Reclamation of Drastically Disturbed Lands.* Edited by F.W. Schaller and P. Sutton. pp. 241-270. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America. Madison (Wisconsin).

Redmann, R.E., E.H. Halstead, et L.J. Townley-Smith. 1979. "Airborne Salt from Potash Mines : Impacts on Trees and Soils." *Proceedings : Fourth Annual Meeting Canadian Land Reclamation Association.* Réunion tenue du 13-15 août à l'Université de Regina. pp. 15-32 des Actes. Canadian Land Reclamation Association. Guelph (Ontario).

Redpath, D.K. 1979. *Programme de planification de l'utilisation des terres au Canada.* Direction générale des terres, Environnement Canada. Ottawa (Ontario).

Reeder, S.W. 1971. *Cross-Sectional Study of the Effects of Smelter Waste-Water Disposal on Water Quality of the Columbia River Downstream From Trail, British Columbia.* Bulletin technique no 39, Division des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Rees, W.E. 1978. "Development Planning North of 60°." *Northern Transitions, Volume II : Second National Workshop on People, Resources and the Environment North of 60°.* Edited by R.F. Keith and J.B. Wright. pp. 327-30. Comité des ressources dans l'Arctique, Ottawa (Ontario).

Rennie, D.A. 1978. "Prairie Land Seen in Danger as Soil Quality Falls Swiftly." *The Globe and Mail.* July 11, 1978. Toronto (Ontario).

_____. 1979. "Intensive Cultivation : The Long Term Effects." *Agrologist.* Vol, 8, No. 4, pp. 20-22.

Reno, C.W. 1973. "The Lornex Mining Project and the Highland Valley, B.C." *Canadian Mineral and Metallurgy Bulletin.* Vol. 66, No. 738, pp. 55-57. Institut canadien des mines et de la métallurgie, Montréal (Québec).

Riddle, J.M. et L.W. Saperstein. 1978. "Premining Planning to Maximize Effective Land Use and Reclamation." *Reclamation of Drastically Disturbed Lands.* Edited by F.W. Schaller and P. Sutton. pp. 223-240. American Society of Agronomy, Crop science Society of America and Soil Science Society of America. Madison (Wisconsin).

Riley, G.W. 1978. "Milling of Asbestos Ores." *Milling Practice in Canada.* Edited by D.E. Pickett. CIM Special Volume, No. 16, pp. 351-367. Institut canadien des mines et de la métallurgie, Montréal (Québec).

Ripley, E.A., R.E. Redman, et J. Maxwell. 1978. "Environmental Impact of Mining in Canada." *National Impact of Mining.* Series No. 7. Centre for Resource Studies, Queen's University. Kingston (Ontario).

Roberts, R.J. 1981. "Staggering Sums on New Projects Buoy Economy." *Northern Miner.* Vol. 66, No. 45, pp. B1-5.

Roots, E.F. 1977. "Mining, Environment and Control." *The Practical Application of Economic Incentives to the Control of Pollution.* Edited by J.B. Stephenson. pp. 83-104. University of British Columbia Press. Vancouver (C.-B.).

Roy, A.C. et W. Keller. 1976. *Status Report : Water Pollution in the Serpent River Basin.* Ontario Ministry of the Environment, Northeastern Region. Sudbury (Ontario).

Rozousky, H. 1974. "Lead and the Environment at the Smelting Division of Brunswick Mining and Smelting Corporation, Bathurst, N.B." *Canadian Mining and Metallurgical Bulletin.* Vol. 67, pp. 50-60. Institut canadien des mines et de la métallurgie. Montréal (Québec).

RPC Ltd. 1975. *A Historic and Present Land Use and Open Space Inventory of the Winnipeg Region.* Rapport préparé pour le Manitoba Department of Municipal Affairs on behalf to the Winnipeg Region Study Group. Winnipeg (Manitoba).

Ruzicka. V. 1977. *Conceptual Modes for Uranium Deposits and Areas Favourable for Uranium Mineralization In Canada : Report of Activities, Part A.* Geological Survey of Canada Paper 77-1A. Énergie, Mines et Ressources Canada. Ottawa (Ontario).

Sallot, Jeff. 1979. "Abandoned Clinton Creek leaves legacy of environmental worries." *Globe and Mail.* September 4, 1979. p. 10. Toronto. (Ontario).

Saskatchewan Environmental Advisory Council. 1980. 1979-80 *Annual Report* Department of Environment. Regina. (Sask.).

Saskatchewan Department of Mineral Resources. 1976. *Potash : Challenge for Development.* Regina (Sask.).

Saskatchewan Land Use Policy Committee. 1978. *Mineral Lands.* Fact Sheet No. 4. Government of Saskatchewan. Regina (Sask.).

Saskatchewan Power Corporation. 1977. *Poplar River : Thermal Power Project.* Environmental Assessment and Mine Reclamation Summary Report. Regina (Sask.).

Schmidt, J.W. et K. Conn. 1969. "Abatement of Pollution from Mine Waste Waters." *Canadian Mining Journal.* Vol. 90, No. 6, pp. 54-60. Southam Communications Ltd. Don Mills (Ontario).

Schmidt, J.W. et D. Moffett. 1979. *Overview of Canadian Environmental Research in the Uranium Mining Industry.* Présenté lors du séminaire sur "Uranium Mining and the Environment" de BCWWA et FACE tenu le 11 avril 1979, à Vancouver (C.-B.).

Scott, J.S. et K., Bragg. 1975*a*. "Mine and Mill Waste Water Treatment." *Technology Transfer Seminar on Mining Effluent Treatment as Applied to the Base Metal, Iron Ore, and Uranium Mining and Milling Industry.* Rapport EPS 3-WP-75-4. Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Scott, J.S. et K. Bragg. 1975*b*. "Water Minimization and Re-Use in Mining and Milling." *Technology Transfer Seminar in Mining Effluent Regulations/Guidelines and Effluent Treatment Technology as Applied to the Base Metal, Iron Ore and Uranium Mining and Milling Industry.* Service de la protection de l'environnement. Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Service Canadien des forêts. 1979. *Provisional Forest Map of Canada.* Environnement Canada. Ottawa (Ontario).

Shaneman, R.M. 1977. "Problems and Techniques of Coal Mine Reclamation in the Prairie Context." *Proceedings : Coal Industry Reclamation Symposium.* pp. 98-107 des Actes de la conférence tenue du 13-16 février 1977 à Banff. Coal Association of Canada, Calgary (Alberta).

Siemens, L.B. 1979. "Ecological Agriculture." *Agrologist.* Vol, 8, No. 4, pp. 12-15.

Simmons, M.D. 1971. *Gravel Extraction and Land Planning in Central Nova Scotia.* Cabinet Committee on Planning and Programs. Halifax (N.-É.)

Simpson-Lewis, W., *et al.* 1979. *Les terres de choix du Canada : une étude sélective de l'utilisation des terres dans une perspective nationale.* Dossier cartographique no 4, Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Smart, G.M. 1977. "Reclamation of Forest Lands in Alberta." *Proceedings : Coal Industry Reclamation Symposium.* pp. 164-174 des Actes de la conférence tenue du 13-16 février à Banff. Coal Association of Canada, Calgary (Alberta).

Smith, K.G. 1977. "Forecasting Future Supplies and Demands Within The Mineral Aggregate Industry." Travail présenté lors de l'assemblée annuelle de l'Institut canadien des Mines et de la métallurgie (Division des minéraux industriels) le 19 avril 1977 à Ottawa (Ontario).

Stanlake, M.G., *et al.* 1975. *Coal Exploration Activities and Their Effect on Subalpine Winter Ranges in Southeastern British Columbia.* Wildlife Management Report No. 13. British Columbia Fish and Wildlife Branch. Victoria (C.-B.).

Statistiques Canada, 1977. *Fermes de recensement selon la taille, la superficie et l'utilisation de la terre.* Publication 96-854. Ottawa (Ontario).

_____ . 1978. *Revue générale sur les industries minérales.* Publication 26-201. Annuelle. Ottawa (Ontario).

_____ . 1979*a*. *Revue générale sur les industries minérales.* Publication 26-201. Annuelle. Ottawa (Ontario).

_____ . 1979b. *Production minérale du Canada. Calcul préliminaire.* Publication 26-202. Annuelle. Ottawa (Ontario).

_____ . 1980. *Production minérale du Canada. Calcul préliminaire.* Publication 26-202. Annuelle. Ottawa (Ontario).

Stern, J.N. et M.D. Miller 1972. *An Investigation into the Effects of a Lead-Zinc Mine on the Aquatic Environment of Great Slave Lake.* Resource Development Branch, Fisheries Service, Environment Canada. Winnipeg (Manitoba).

Summers, P.W. et D.M. Whelpdale. 1976. "Acid Precipitation in Canada." *Proceedings of the First International Symposium on Acid Precipitation and the Forest Ecosystem.* General Technical Report NE-23. Forest Service, U.S. Department of Agriculture. Washington (D.C.).

Sutherland-Brown, A. et A. Matheson. 1980. "The Next Decade : Major Mineral Resource Expansion in British Columbia." *Western Miner.* Vol. 53, No. 2, pp. 48-54. Western Miner Ltd. Vancouver (C.-B.).

Swan, H. 1978. *Terres fédérales : utilisation et gestion.* Collection "Utilisation des terres au Canada", no 11, Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Taylor. M.C. 1978. *Land Capability for Recreation : Summary Report.* Inventaire des terres du Canada. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Thirgood, J.V. 1978. "Extent of Disturbed Land and Major Reclamation Problems in Canada." *Reclamation of Drastically Disturbed Lands.* Edited by F.W. Schaller and P. Sutton. pp. 45-68. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America. Madison (Wisconsin).

Thirgood, J.V. et W.F. Gilmore 1971. "An Approach to Land Reclamation at the Lornex Mining Project." *Western Miner.* Vol. 44, No. 8, pp. 48-51. Western Miner Ltd. Vancouver (C.-B.).

Tibbo, L. 1981. "The Canadian Mineral Industry : Review and Outlook." *Canadian Mining Journal.* Vol. 101, No. 2, pp. 15-25.

Trevethick, P.A. 1973. *Environmental and Industrial Health Hazards — A Practical Guide.* William Heinemann Medic Books Ltd. Londres, Angleterre.

United Kingdom. 1972. *Report of the Commission on Mining and the Environment.* Professor Lord Zuckerman, Chairman. Londres, Angleterre.

United States Bureau of Mines. 1976. *Mineral Facts and Problems.* 1975 Ed. The Staff, Bureau of Mines. Department of Interior. Washington (D.C.).

United States Department of Agriculture. 1979. *User Guide to Vegetation : Mining and Reclamation in the West.* Forest Service General Technical Report INT-64. Intermountain Forest and Range Experimental Station. Ogden (Utah).

Valleau, B. 1977, 1978. Land Conservation and Reclamation Division. Alberta Environment. Edmonton (Alberta). Communication personnelle.

Vander Pluym, H.S.A. 1978. "Extent, Causes, and Control of Dry land Saline Seepage in the Northern Great Plains Region of North America." *Proceedings Subcommittee On Salt Affected Soils, 11th International Society of Soil Science Congress.* pp. I. 48-58 des Actes du congrès tenu en juin 1978 à Edmonton (Alberta).

Ward, E.N. 1977. *Programme de planification de l'utilisation des sols au Canada : l'Ontario.* No 8 de la série. Direction générale des terres, Environnement Canada. Ottawa (Ontario).

Warden, G. 1976. *Black Pits and Vanishing Hills.* British Columbia Wildlife Federation. Vancouver (C.-B.).

Watkin, E.M. J.E. Winch. 1973. "Composed Organic Wastes, Sewage Sludges and Rock Phosphate for the Amelioration of Acid Uranium Mine Tailings." *Proceedings : International Conference on Land for Waste Management.* pp. 48-56, des Actes de la conférence tenue du 1-3 octobre 1973 à Ottawa (Ontario). Institut d'agriculture du Canada.

Welch, D.M. 1980. ... *for land's sake !* Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Welwood, R.J.R. 1976. *Mining Technology in 1974.* Rapport 76-29, Recherches minérales, Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET), Énergie, Mines et Ressources, Ottawa (Ontario).

Western Miner. 1979. "Progress of Canadian Mining Into the 1980's Looks Promising." *Western Miner.* Vol. 52, No. 12, pp. 11-22. Western Miner Ltd. Vancouver (C.-B.).

Weston, S. 1973. "Report on Developments and Progress in Reclaiming Waste Dumps and Tailings Ponds." *Western Miner.* Vol. 46, No. 8, pp. 29-37. Western Miner Ltd. Vancouver (C.-B.).

Whillans, R.T. et D.A. Cranstone, 1979. *Canadian Reserves of Copper, Nickel, Lead, Zinc, Molybdenum, Silver and Gold as of January 1, 1979.* Bulletin minéral MR 186, Approvisionnements et Services Canada. Ottawa (Ontario).

Whitt, D.M. 1970. "After the Mining, Useful Land." *Mining Congress Journal.* Vol. 56, No. 5, pp. 26-29. American Mining Congress. Washington (D.C.).

Williams, G.D.V. 1973. "Urban Expansion and the Canadian Agroclimatic Resource Problem." *Greenhouse — Garden — Grass.* Vol. 12, No. 1.

Williams, R.E. 1975. *Waste Production and Disposal in Mining, Milling and Metallurgical Industries.* Millar Freeman Publications Inc. San Francisco (Cal.).

Williams, R.M. 1980. "1980 Annual Mineral Review and Forecast : Uranium." *Canadian Mining Journal.* Vol. 100, No. 2, pp. 133-139. Southam Communications Ltd. Don Mills (Ontario).

Williamson, Robert, 1980. "7-year B.C. ban on Uranium mines hailed by Critics." *Globe and Mail.* February 28, 1980. Toronto (Ontario).

Winterhalder, K. 1978. "A Historical Perspective of Mining and Reclamation in Sudbury." *Proceedings : Third Annual Meeting Canadian Land Reclamation Association.* pp. 1-13 des Actes de la réunion tenue du 29 mai — 1er juin 1978 à l'université laurentienne de Sudbury. Canadian Reclamation Association, Guelph (Ontario).

Wood, J.M. 1974. "Biological Cycles for Toxic Elements in the Environment." *Science.* Vol. 183, pp. 1049-1052. American Association for the Advancement of Science. Washington (D.C.).

Woodrow, R.B. 1980. "Resources and Environmental Policy-Making at the National Level : The Search for Focus." *Resources and the Environment : Policy Perspectives in Canada.* pp. 23-48. Edited by O.P. Dwivedi. McClelland and Stewart. Toronto (Ontario).

Yohhan, E., et A.G. Gorden. 1963. "Some Effects of Smelter Pollution upon Aquatic Vegetation near Sudbury, Ontario." *Canadian Journal of Botany.* Vol. 41, pp. 371-378. Conseil national de recherches, Ottawa (Ontario).

Yundt, S.E. 1969. "Resource Development of the Sand and Gravel Industry : A Conflict in Resource Evaluation and Use-re-use of Land." Thèse non publiée. University of Guelph. Guelph (Ontario).

_____ . 1975. "Social Pressures and the Aggregate Industry." *Canadian Mining and Metallurgical Bulletin.* Vol. 68, No. 763, pp. 57-60.

_____ . 1977. "A Case Study of Materials and Techniques Used in the Rehabilitation of a Pit and a Quarry in Southern Ontario." *Proceedings : Second Annual General Meeting of the Canadian Land Reclamation Association.* Actes de l'assemblée générale tenue à l'Université d'Edmonton. Faculty of Extension, University of Alberta. Edmonton (Alberta).

Yundt, S.E. et D.B. Augaitis. 1979. *From Pits to Playgrounds. Aggregate Extraction and Pit Rehabilitation in Toronto — A Historical Review.* Ministry of Natural Resources. Toronto (Ontario).

Yundt, S.E. et B.P. Messerschmidt. 1979. "Legislation and Policy Mineral Aggregate Resource Management in Ontario, Canada." *Minerals and the Environment.* Vol. 1, No. 3, pp. 101-111. Institute of Mining and Metallurgy. Londres, Angleterre.

Essais effectués avec diverses plantes en vue de la régénération de la couverture végétale sur des résidus d'une mine abandonnée, Sudbury (Ont.)
Photographie : Ian B. Marshall, Environnement Canada

Annexes

ANNEXE I — OPÉRATIONS MINIÈRES AYANT UNE INFLUENCE EN SURFACE

ÉTAPE DE L'AVANT-PRODUCTION			Fonctionnement de l'équipement	Enlèvement de la végétation	Enlèvement de la couche arable	Enlèvement des morts-terrains	Stockage de la couche arable	Elimination ou stockage des morts-terrains	Dégagement du site	Nivellement	Abattage par chambres remblayees	Minage et forage	Excavation	Remblayage	Recouvrement des morts-terrains	Preparation des semis	Preparation et revêtement des routes	Modification du réseau de drainage	Construction de traversées et de ponts sur les rivières	Construction de barrages et de bassins de retenue	Assèchement	Construction de bâtiments	Extraction du minerai	Entreposage du minerai	Chargement	Transport	Contrôle de l'érosion	Plantation et ensemencement	Fertilisation	Exploitation et entretien
PHASE	ACTIVITÉS																													
EXPLORATION	ARPENTAGE	Au sol géophysique	X	X																										
		géochimique	X	X																										
		REMISE EN ETAT DES TERRES limitee	X													X										X	X	X		
	ESSAIS DE FORAGE	Route d'accès	X	X					X	X																X				
		Construction plate-forme de forage	X	X	X				X	X																				
		Construction du puisard	X	X	X			X					X																	
		Forage	X																											
		REMISE EN ETAT DES TERRES	X											X	X	X										X	X	X		
	ESSAIS D'EXTRACTION	Route d'acces et de transport	X	X					X	X							X									X				
		Tranchée, galerie d'acces ou fosse	X	X	X	X	X	X	X			X														X				
		Echantillonnage en vrac	X																				X	X		X				
		REMISE EN ETAT DES TERRES	X											X	X	X											X	X	X	

ANNEXE I — OPÉRATIONS MINIÈRES AYANT UNE INFLUENCE EN SURFACE (Suite)

PHASE	ÉTAPE DE L'AVANT-PRODUCTION — ACTIVITÉS		Fonctionnement de l'équipement	Enlèvement de la végétation	Enlèvement de la couche arable	Enlèvement des morts-terrains	Stockage de la couche arable	Élimination ou stockage des morts-terrains	Dégagement du site	Nivellement	Abattage par chambres remblayées	Minage et forage	Excavation	Remblayage	Recouvrement des morts-terrains	Préparation des semis	Préparation et revêtement des routes	Modification du réseau de drainage	Construction de traversées et de ponts sur les rivières	Construction de barrages et de bassins de retenue	Assèchement	Construction de bâtiments	Extraction du minerai	Entreposage du minerai	Chargement	Transport	Contrôle de l'érosion	Plantation et ensemencement	Fertilisation	Exploitation et entretien
MISE EN VALEUR	SITE D'EXTRACTION DU MINERAI	Souterrain En surface	x x	x x	x x	x	x	x	x x	x	x x	x x	x x								x				x x	x x			
Construction des installations	INSTALLATIONS DE TRANSPORT	Route d'accès Routes de transport Voies ferrées	x x x x	x x x x					x x x x		x x x x	x x x x					x x x x		x x x x						x x x x x x	x x x			
	INSTALLATIONS DE SOUTIEN ET ÉQUIPEMENTS COLLECTIFS	**Électricité** Lignes de transmission Sous stations	x x	x x					x x			x x										x x				x x				
		Approvisionnement en eau Puits de forage Station de pompage Pipeline	x x x x	x x x x					x x x x				x					x x	x						x x				
		Bâtiment usine Terrain de stationnement	x x	x x					x x			x		x x		x					x				x x				
	INSTALLATIONS D'ENRICHISSEMENT	Entreposage du minerai Usine Chargement	x x x	x x x					x x x			x x x						x x				x x x				x				
	INSTALLATIONS D'ÉLIMINATION DES DÉCHETS	**Terrils** Stériles, bassins de **sédimentation** Traitement des eaux usées Contrôle des eaux de ruissellement Bassins de brassage	x x x x x	x x x x x	x x x x x	x x x x x	x x x x x	x x x x x	x x x x x	x x x x x		x x x x x								x x x x x				x x x x x			x x x x x				

ANNEXE I — OPÉRATIONS MINIÈRES AYANT UNE INFLUENCE EN SURFACE (Suite)

ÉTAPE DE LA PRODUCTION			Fonctionnement de l'équipement	Enlèvement de la végétation	Enlèvement de la couche arable	Enlèvement des morts-terrains	Stockage de la couche arable	Elimination ou stockage des morts-terrains	Dégagement du site	Nivellement	Abattage par chambres remblayées	Minage et forage	Excavation	Remblayage	Recouvrement des morts-terrains	Préparation des semis	Préparation et revêtement des routes	Modification du réseau de drainage	Construction de traversées et de ponts sur les rivières	Construction de barrages et de bassins de retenue	Assèchement	Construction de bâtiments	Extraction du minerai	Entreposage du minerai	Chargement	Transport	Contrôle de l'érosion	Plantation et ensemencement	Fertilisation	Exploitation et entretien
PHASE	ACTIVITÉS																													
EXTRACTION	EXTRACTION MINIÈRE	Souterraine	x																		x		x	x	x	x				x
		En surface	x	x	x	x	x	x			x	x		x				x			x		x	x	x	x	x			x
	ELIMINATION DES DÉCHETS	Terril	x																						x	x	x			x
ENRICHISSEMENT	TRAITEMENT DU MINERAI	Comminution Concassage-tamisage Broyage-classement Concentration Flottation, séparation gravimétrique, électrostatique ou magnétique																												x x
	TRANSPORT	Route, rail, convoyeur	x																						x	x				x
	ÉLIMINATION DES DÉCHETS	Bassin à stériles Eaux usées Contrôle des eaux de ruissellement Bassin de finissage Dépoussiéreurs																									x x x			x x x x x
TRAITEMENT ULTÉRIEUR	FUSION, AFFINAGE	Pyrométallurgie Hydrométallurgie Électrométallurgie Laveurs de gaz																												x x
	TRANSPORT	Route, convoyeur	x																						x	x				x
	ELIMINATION DES DÉCHETS	Terril de scories Terril de résidus Stockage et terrils de soufre	x x x																						x x x	x x x	x x x			x x x

ANNEXE I — OPÉRATIONS MINIÈRES AYANT UNE INFLUENCE EN SURFACE (Suite)

ÉTAPE DE L'APRÈS-PRODUCTION			Fonctionnement de l'équipement	Enlèvement de la végétation	Enlèvement de la couche arable	Enlèvement des morts-terrains	Stockage de la couche arable	Elimination ou stockage des morts-terrains	Dégagement du site	Nivellement	Abattage par chambres remblayées	Minage et forage	Excavation	Remblayage	Recouvrement des morts-terrains	Préparation des semis	Préparation et revêtement des routes	Modification du réseau de drainage	Construction de traversées et de ponts sur les rivières	Construction de barrages et de bassins de retenue	Assèchement	Construction de bâtiments	Extraction du minerai	Entreposage du minerai	Chargement	Transport	Contrôle de l'érosion	Plantation et ensemencement	Fertilisation	Exploitation et entretien
PHASE	**ACTIVITÉS**																													
REMISE EN ÉTAT DES TERRAINS		Préparation du terrain	x							x				x	x						x					x				
		Traitement et modification de la surface du sol	x																									x		
		Restauration de la couverture végétale	x													x											x			x
		Drainage	x									x									x					x				
		Irrigation	x																											x
ABANDON		Elimination, enlèvement ou abandon de tout l'équipement et des installations	x					x						x	x										x	x	x			x
FERMETURE TEMPORAIRE	INSTALLATIONS	Site d'extraction																			x						x			x
		Broyage																												x
		Affinage, fusion																												x
		Transport																												x
		Elimination des déchets																									x			x

ANNEXE II

SUPERFICIE MOYENNE OCCUPÉE PAR LES DÉCHETS MINIERS ET LES EXPLOITATIONS MINIÈRES À CIEL OUVERT AU CANADA (en hectares)

A : CANMET; Inventaire des déchets miniers par imagerie satellite

	Excavation à ciel ouvert	Morts-terrains	Bassin de retenue des boues	Résidus	Déchets rocheux	Scories
Superficie totale	1 434	21 996	2 777	17 478	7 157	283
Nombre de mines	39	150	51	250	108	4
Superficie moyenne par mine	37	147	54	70	66	71

B : Questionnaire d'Environnement Canada sur l'exploitation de gisements métallifères

		Excavation à ciel ouvert	Résidus	Déchets rocheux
Superficie moyenne par mine	Souterraine		83	5,3
	À ciel ouvert	51	219	75
Nombre de mines	Souterraine	50	38	22
	À ciel ouvert	52	38	47

Source : Environnement Canada, 1972 ; Murray, 1977b.

ANNEXE III

NOMBRE DE CARRIÈRES ET SABLIÈRES DANS L'EST DU CANADA À MOINS DE 8 KM DES CENTRES URBAINS

Superficie	SABLIÈRES ET GRAVIÈRES Distance des centres urbains			CARRIÈRES Distance des centres urbains			TOTAL			
	0.16 km	0.16-4.8 km	4.8-8.5 km	0.16 km	0.16-4.8 km	4.8-8.5 km	0.16 km	0.16-4.8 km	4.8-8.5 km	0-8.5 km
Nord de l'Ontario	2	122	53	–	1	2	2	123	55	180
Ouest de l'Ontario	50	386	109	4	19	2	54	405	111	570
Centre de l'Ontario	53	311	238	17	39	15	70	350	253	673
Est de l'Ontario / Vallée de l'Outaouais	47	382	133	15	56	7	62	438	140	640
Nord du Québec	1	34	23	–	–	–	1	34	23	58
Québec et vallée du Saint-Laurent / Cantons de l'Est	44	289	215	12	31	11	56	320	226	602
Québec – Bas Saint-Laurent	3	71	29	–	–	–	3	71	29	103
Nouveau-Brunswick	11	79	33	1	12	1	12	91	34	137
Nouvelle-Écosse	9	46	271	–	15	3	9	61	274	344
Île-du-Prince-Édouard	3	31	4	–	–	–	3	31	4	38
Terre-Neuve	5	48	10	3	6	1	8	54	11	73
TOTAL	228	1 799	1 118	52	179	42	280	1 978	1 160	3 418

Sources : Environnement Canada, 1977

ANNEXE IV

EXIGENCES EN MATIÈRE DE REMISE EN ÉTAT DES TERRAINS

COLOMBIE-BRITANNIQUE

Généralités

1° La compagnie minière doit soumettre à l'inspecteur en chef de la remise en état des terrains un plan de son programme global de remise en état des terrains avant la fermeture de la mine.

2° Tous les bâtiments, toute la machinerie et tout l'équipement mobile doivent être enlevés. Tous les déchets doivent être éliminés d'une façon mutuellement acceptable pour le Ministre de l'Énergie, des Mines et des Ressources pétrolières et l'exploitant minier.

3° Les fondations et les plaques de béton peuvent être laissées à condition qu'elles soient recouvertes de morts-terrains et que la végétation soit régénérée lorsque c'est possible.

4° Toutes les dispositions du *Mines Regulation Act* ou du *Coal Mines Regulation Act* doivent être respectées d'une manière jugée satisfaisante par l'inspecteur de district ou l'ingénieur local.

Bassins à stériles

1° La compagnie minière doit présenter un plan indiquant les mesures de contrôle proposées pour le drainage du bassin à stériles et l'aire de drainage avoisinante.

2° Au besoin, un déversoir permanent devra être construit sur le barrage à stériles ou à côté de celui-ci pour évacuer l'excédent des eaux de ruissellement. Les plans globaux et détaillés doivent être soumis à l'approbation de l'inspecteur en chef du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pétrolières et de l'inspecteur de district.

3° Lorsque c'est possible, le bassin à stériles doit être aménagé et la couverture végétale régénérée d'une façon acceptable pour les responsables de la Section de la remise en état des terres, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pétrolières. Lorsqu'il y a restauration de la couverture végétale, celle-ci ne doit pas exiger d'entretien. Un minimum de 3 ans est requis pour évaluer la qualité de la végétation.

4° Le type d'utilisation du sol perturbé après l'abandon d'une mine doit être approuvé par le Ministère et l'exploitant minier et doit être choisi en fonction de l'utilisation antérieure à l'ouverture de la mine et de la capacité des sols perturbés ou des déchets miniers à supporter de nouveau cette utilisation.

Terrils

1° Lorsque c'est possible, les terrils doivent être aménagés de façon à ce que l'inclinaison de leurs pentes permette de retenir la végétation. Lorsqu'il y a des morts-terrains, les surfaces plates des terrils doivent être recouvertes d'une épaisseur de 7,5 à 15 cm de morts-terrains ou de terre arable.

2° Toutes les surfaces plates des terrils doivent être replantées de telle sorte que la végétation n'exige aucun entretien. Un minimum de trois ans est requis pour évaluer la qualité de la végétation.

3° Un plan de l'aire de drainage adjacente aux terrils doit être présenté à l'inspecteur en chef de la remise en état des terres. Lorsque c'est possible, toutes les eaux de drainage doivent être acheminées en direction opposée à celle des terrils.

4° L'utilisation finale du sol d'une zone perturbée par des terrils doit être précisée.

Zone de la fosse

1° Les fosses doivent être remblayées toutes les fois que c'est possible.

2° Un plan indiquant dans quel état la zone de la fosse sera laissée après l'exploitation doit être présenté à l'inspecteur en chef de la remise en état des terres.

3° Lorsque la zone de la fosse doit être transformée en lac, un rapport doit être présenté à l'inspecteur en chef de la remise en état des terres indiquant la source d'eau, l'aire de drainage, le niveau d'eau maximal, la qualité de l'eau, l'accès au lac, ainsi que les plans d'alevinage.

4° Lorsque le plancher de la fosse ne doit pas recevoir d'eau, il doit être, si possible, recouvert d'une couche de morts-terrains suffisante pour rétablir la végétation.

5° Les parois de la fosse doivent être laissées de façon à satisfaire les exigences de sécurité de l'inspecteur de district des mines.

ALBERTA

Généralités

1° *1)* Dans ces directives,

a) « Loi » signifie la *Land Surface Conservation and Reclamation Act* ;

b) « Autorité responsable » comprend le *Land Conservation and Reclamation Council* ;

c) « Règlements sur la conservation des terres » signifie le règlement 125/74 de l'Alberta, sujet à des modifications périodiques et tout autre règlement le remplaçant ;

d) « Règlements sur les opérations réglementées de surface » signifie toute réglementation concernant une opération ou une activité désignée à l'article 23 (1) de la Loi comme une opération réglementée de surface en vertu de cet article.

2) Toute expression qui est définie dans la Loi, les Règlements sur la conservation des terres, tous les règlements sur les opérations réglementées de surface et toutes les autorisations d'exploration ou de développement et de remise en état des terrains applicables ont la même signification ci-après.

2° Les sols perturbés doivent être remis en état de façon à ce qu'ils puissent être utilisés tel que prescrit

a) dans l'autorisation de mise en valeur et de remise en état des terrains émise conformément aux règlements applicables sur les opérations réglementées de surface, ou

b) faute d'autorisation ou d'autres conditions précises, par le Conseil après consultation avec le propriétaire ou l'exploitant, ou les deux, selon la situation donnée, ou

c) dans le contrat, le bail ou le permis d'occupation signé par le propriétaire (terres publiques et privées) et l'exploitant.

Contrôle du drainage et de l'érosion

1° L'eau provenant des zones adjacentes aux terrains qui seront perturbés ne doit pas être acheminée par ces terres à moins que l'exploitant ne prenne des mesures qui, d'après l'autorité responsable, sont adéquates pour empêcher l'envasement et l'érosion des sols devant être perturbés.

2° Le débit des cours d'eau des réseaux de drainage naturels qui se trouvent sur les terrains qui seront perturbés doit être maintenu par l'exploitant à l'aide de la construction de ponceaux ou de ponts, ou par la construction de fossés intercepteurs ou de fossés de drainage ou tout autre système de drainage qui, d'après l'autorité responsable, sont adéquats pour absorber les débits saisonniers.

3° Tous les fossés intercepteurs ou de drainage construits par l'exploitant doivent avoir des exutoires consistant en des voies de drainage naturelles, des zones de végétation ou tout autre cours d'eau stable pouvant acheminer les eaux de ruissellement sans causer d'érosion.

4° Lorsqu'il y a possibilité d'érosion, l'exploitant doit construire des fossés de dérivation considérés adéquats pour protéger la zone perturbée contre l'érosion, par l'autorité responsable.

5° *1)* L'exploitant doit s'assurer que, compte tenu des conditions climatiques saisonnières normales, toutes les eaux de drainage des terrains perturbés sont déversées conformément aux critères de qualité des eaux de surface du ministère de l'Environnement de l'Alberta ou à toute autre méthode prescrite par l'autorité responsable, dans un cours d'eau récepteur ou tout autre cours d'eau décrit dans les directives et les méthodes prescrites.

2) Lorsque l'autorité responsable l'exige, les bassins de décantation ou autres installations nécessaires pour décanter les sédiments des eaux de ruissellement dont le volume est équivalant à des conditions de crue d'au moins dix ans, seront construits de façon à ce que toutes les matières solides en suspension dans les eaux provenant du bassin de décantation ou d'autres installations ne dépassent pas la teneur permise.

Conservation des matériaux en vue de la remise en état des terrains

1° *1)* Lorsque, avant que le sol ne soit perturbé, les horizons pédologiques sont suffisamment bien développés pour maintenir la croissance des plantes ou que, d'après l'autorité approbatrice, il est capable de la maintenir, ces couches de sol doivent être enlevées de façon sélective, de la façon prescrite par l'autorité responsable.

2) Lorsque de la terre et d'autres matériaux superficiels doivent être stockés pour la remise en état, la fondation géotechnique des zones utilisées par l'exploitant à cette fin doit être stable et les zones de stockage doivent être protégées contre l'érosion par le vent et par l'eau.

3) L'exploitant doit utiliser tout le sol et tous les matériaux superficiels nécessaires à la remise en état des terres selon les conditions prescrites par l'autorité responsable.

Remblayage et réaménagement

1° L'exploitant doit enfouir sous la rhizosphère toute matière toxique pour les plantes ou les animaux ou toute matière qui, d'après l'autorité responsable, pourrait être toxique pour les plantes ou les animaux ou l'éliminer de la façon décrite dans l'autorisation relative aux perturbations ou de toute autre façon prescrite par l'autorité responsable à un endroit où la qualité des eaux souterraines ne sera pas altérée.

2° Les parois élevées, les murs, les digues et les pentes doivent être coupés ou remblayés et nivelés de façon à reconstituer le mieux possible le relief qui existait avant l'exploitation minière et les pentes ne doivent pas excéder 2:1, à moins que l'autorité responsable n'ait indiqué le contraire.

3° Toutes les excavations doivent être remblayées et remises en état, de la façon prescrite par l'autorisation applicable ou de la façon déterminée par l'autorité responsable avec l'accord du propriétaire, en fonction de l'utilisation prévue des terres.

4° *1)* Lorsque l'utilisation prévue est l'agriculture, l'exploitant doit niveler le terrain de façon

a) à ce qu'il ait une configuration semblable à celle qui existait avant l'exploitation minière, et

b) à ce que l'angle des pentes ne dépasse pas 5:1 ; mais tous les travaux de réaménagement doivent être faits de manière à empêcher l'affaissement du terrain et l'érosion.

2) Lorsque l'utilisation prévue du sol exige une certaine irrigation, l'exploitant doit niveler le terrain et lui donner le plus possible la forme qu'il avait avant l'exploitation, ou une configuration semblable à celle des terres irriguées situées dans les zones adjacentes aux terres réaménagées.

3) Lorsque l'utilisation prévue est la production de bois d'œuvre, l'exploitant doit niveler le terrain de façon

a) à ce qu'il ait une configuration semblable à celle qui existait avant l'exploitation minière, et
b) à ce que l'angle des pentes ne dépasse pas si possible 3,5 :1.

4) Lorsque l'utilisation prévue est autre que l'agriculture ou la production de bois d'œuvre, la configuration et l'inclinaison maximale des pentes doivent être semblables à celles des terres avoisinantes, sauf indication contraire de l'autorité responsable.

Reconstitution de la rhizosphère

1° *1)* Lorsque l'utilisation prévue est l'agriculture, l'exploitant doit mettre en place une couche de sol suffisamment profonde pour permettre la croissance des plantes agricoles, dans la séquence appropriée, à la surface des terrains remis en état.

2) Lorsque l'utilisation prévue du sol est autre que l'agriculture, l'exploitant doit mettre en place de la terre ou d'autres matériaux capables de permettre la croissance des plantes à la surface des zones remises en état, de façon à reconstituer un sol dont la profondeur et les caractéristiques chimiques et physiques sont appropriées et suffisantes pour la croissance des plantes.

3) Lorsqu'il y a suffisamment de terre ou d'autres matériaux superficiels appropriés à la croissance des plantes, l'exploitant doit mettre en place une rhizosphère dont la profondeur est au moins égale à celle des plantes utilisées dans le processus de remise en état des terres.

Restauration de la couverture végétale

1° Lorsque l'autorité responsable l'exige, l'exploitant doit, le plus tôt possible après le recouvrement des terrains perturbés par du sol ou d'autres matériaux superficiels propices à la croissance des plantes, semer ou planter des espèces appropriées de la façon prescrite par l'autorité responsable en consultation avec le propriétaire.

2° *1)* Lorsque l'utilisation prévue est l'établissement d'une forêt permanente, l'exploitant doit mettre en place un couvert végétal initial propice au reboisement à l'aide d'espèces approuvées, par l'invasion d'essences indigènes ou d'autres techniques et méthodes de reboisement.

2) L'exploitant est responsable de la plantation d'essences indigènes additionnelles nécessaires pour obtenir une communauté forestière autosuffisante.

3° Lorsque l'utilisation prévue est l'établissement d'une forêt permanente en vue de la production commerciale de bois d'œuvre, l'exploitant est responsable de la plantation d'un minimum de 320 jeunes plants par acre d'une essence commerciale définie dans le *Timber Management Regulations* et de la façon prescrite par le *Alberta Forest Service Regeneration Survey Manual*, et d'une manière jugée satisfaisante par l'autorité responsable.

4° Lorsque l'utilisation prévue est l'établissement d'une végétation permanente propice à l'habitat de la faune, l'exploitant doit planter diverses essences d'arbres, et diverses espèces d'herbe, d'herbe non graminéenne et d'arbrisseaux dont la densité et la composition assureront la nourriture et l'abri nécessaire à la faune, toutes ces espèces étant compatibles avec la zone écologique de la région et approuvées par l'autorité responsable.

Rétablissement des services d'utilité publique

1° Toutes les bornes-repères mises en place en vertu du *Alberta Surveys Act* ainsi que toutes les routes et tous les services publics établis avant la perturbation approuvée des terres de surface doivent être maintenus ou remplacés par l'exploitant comme le prescrivent la Loi et l'autorité responsable.

2° Tous les systèmes d'approvisionnement en eau pour les habitations, les municipalités, l'irrigation et l'agriculture établis avant la perturbation approuvée des terres doivent être maintenus ou rétablis par l'exploitant de façon à fournir un service au moins équivalant à celui qui existait avant l'exploitation.

3° Tous les terrains sur lesquels des routes d'accès et de transport ont été construites mais qui, de l'avis de l'autorité responsable et d'entente avec le propriétaire, ne sont plus nécessaires doivent être remis en état par l'exploitant de la façon prescrite par l'autorité responsable.

Valeur esthétique et sécurité

1° L'exploitant ne doit laisser sur les terres remises en état aucun bâtiment ou équipement inutile et doit réaménager le terrain d'une façon qui soit jugée esthétiquement satisfaisante par l'autorité responsable.

2° L'exploitant doit laisser les terrains remis en état de façon à ce qu'ils

a) ne présentent aucun danger, comme des trous et fosses, pentes, murs, digues ou parois instables ;

b) soient débarrassés de toutes substances dangereuses y compris les explosifs et les matières toxiques ou radioactives ; et

c) soient débarrassés de tous détritus, débris ou autres déchets.

Gestion des terres

1° *1)* Lorsque l'utilisation prévue est l'agriculture, l'exploitant est tenu responsable de l'entretien des terrains remis en état pendant la période requise pour démontrer que la productivité agricole des sols ainsi réaménagés est comparable :

a) à la productivité agricole qui existait avant l'exploitation, ou

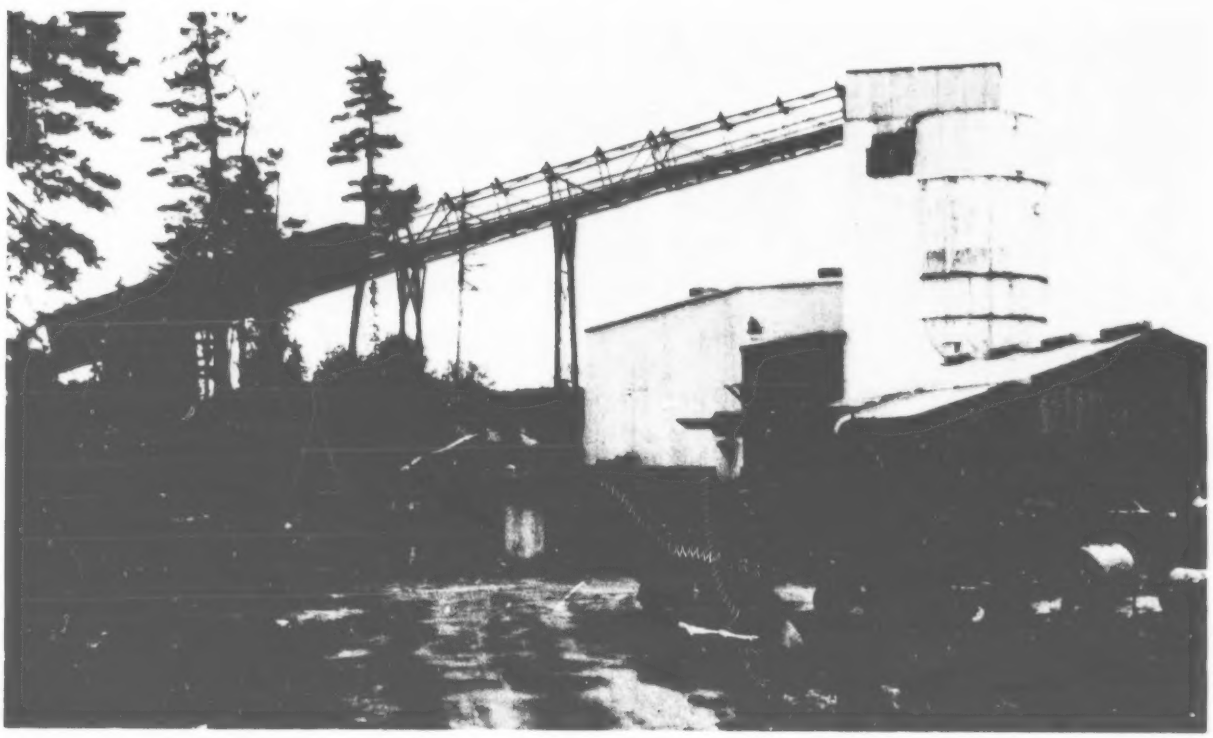
b) lorsque l'utilisation des terres antérieure à l'exploitation n'était pas l'agriculture, comparable à toute autre norme de productivité prescrite par l'autorité responsable.

2) Lorsque l'utilisation prévue est autre que l'agriculture, l'exploitant est tenu responsable de l'entretien des terrains remis en état jusqu'à-ce que

a) la surface soit stabilisée et que la composition, la densité, la croissance et la vigueur de la végétation mise en place par l'exploitant soit comparable à la composition, la densité, la croissance et la vigueur de la végétation qui existait avant la perturbation de la surface, ou

b) l'état des terres soit comparable à celui d'autres terres semblables qui ont été remises en état d'une manière jugée satisfaisante par l'autorité responsable,

c) trois cent vingt jeunes plants par acre croissent sur un site sans entretien, lorsque l'utilisation prévue est la production commerciale de bois d'œuvre.



Mine abandonnée à Maniwaki (Qué.)
Photographie : Gilles Benoit, fournie par : photothèque de l'ONF

ANNEXE V

DESCRIPTION DES ZONES DE RESSOURCES FONCIÈRES

ZONE DE RESSOURCES FONCIÈRES	CARACTÉRISTIQUES PHYSIOGRAPHIQUES	VÉGÉTATION[1] (par ordre de prédominance)	CLIMAT DU SOL[2] (par ordre de prédominances)	PRINCIPALES UTILISATIONS DU SOL	PRINCIPAUX PRODUITS MINIERS
I.1 Cordillère nord	Montagnes, hautes-terres, collines	1. Toundra : carex alpin, graminées, arbrisseaux 2. Forêt claire : arbrisseaux, graminées, groupes de conifères à feuilles en aiguilles 3. Boréale : conifères avec quelques essences de feuillus et parcelles dénudées	1. Subarctique très froid 2. Subarctique très froid à cryoboréal froid (combinaison de zonation et d'aspect verticaux)	Pêche, chasse, piégeage, exploitation minière, tourisme, loisirs de plein air, foresterie (importance secondaire)	Cuivre, or, tungstène, argent, plomb, zinc, cadmium, amiante, charbon
	Plateaux, bassins, vallées	1. Boréale : comme ci-dessus 2. Toundra : comme ci-dessus 3. Forêt claire : comme ci-dessus	Pergélisol généralisé		
I.2 Cordillère sud	Montagnes, hautes-terres, collines	1. Forêt subalpine : conifères souvent avec une distribution ouverte	1. Cryoboréal froid 2. Subarctique très froid	Foresterie, exploitation minière, agriculture, tourisme, loisirs de plein air, pêche	Charbon, barytine, gypse, plomb, zinc, argent, or, cuivre, molybdène, fer, antimoine, cadmium
		2. Région côtière du Pacifique et « ceinture humide » (Colombie) Forêt : conifères	Froid à modérément froid Cryoboréal (influence maritime)		
		3. Toundra : carex alpin, graminées et arbrisseaux	Subarctique très froid à cryoboréal froid		
	Plateaux, bassins, vallées	1. Plateau. Forêt de montagne : conifères avec quelques essences boréales de feuillus, et herbages dans les vallées	1. Cryoboréal froid à modérément froid 2. Boréal frais		
		2. Forêt subalpine : comme ci-dessus	Cryoboréal froid		
		3. Prés-bois : conifères avec parcelles d'herbages	Frais à Boréal modérément frais (zones semi-arides)		
		4. Herbages : herbes courtes	Boréal modérément frais à mésoique doux (zones arides)		

ANNEXE V (Suite)

DESCRIPTION DES ZONES DE RESSOURCES FONCIÈRES

ZONE DE RESSOURCES FONCIÈRES	CARACTÉRISTIQUES PHYSIOGRAPHIQUES	VÉGÉTATION[1] (par ordre de prédominance)	CLIMAT AU SOL[2] (par ordre de prédominance)	PRINCIPALES UTILISATIONS DU SOL	PRINCIPAUX PRODUITS MINIERS
II.1 Plaines intérieures septentrionales (MacKenzie)	Plaines	1. Forêt claire : tapis de lichens avec conifères dispersés, arbrisseaux à larges feuilles	Subarctique très froid (nord du Grand lac des Esclaves)	Pêche, chasse, piégeage, exploitation minière, foresterie	Zinc, plomb, pétrole et gaz
		2. Forêt boréale : conifères avec quelques espèces de feuillus	Cryoboréal froid à subarctique très froid (à l'ouest et au sud du lac Athabasca)		
		3. Toundra : arbrisseaux hains arctiques, carex, lande de lichens	Arctique extrêmement froid (nord du Grand lac de l'Ours)		
	Basses-terres, plateaux	Boréale : conifères à feuilles en aiguilles avec quelques essences de feuillus et des conifères de l'Ouest	1. Cryoboréal froid 2. Subarctique très froid		
II.2 Plaines intérieures centrales (rivière de la Paix et Athabasca)	Plateaux	1. Boréale : conifères avec quelques essences boréales de feuillus (à l'Est) Boréale : conifères avec des essences de conifères de l'Ouest (à l'Ouest)	Cryoboréal froid	Foresterie, exploitation minière, pêche, piégeage, loisirs de plein air, tourisme	Charbon, sables pétrolifères, sable, gravier
	Basses-terres, plaines	2. Pré-bois : feuillus et parcelles d'herbages	Frais à modérément frais. Boréal (semi-aride)		
II.3 Plaines intérieures méridionales	Plaines	1. Herbages	Cryoboréal modérément froid à boréal frais (quelques zones arides)	Agriculture, exploitation minière, pétrole et gaz, pêche, loisirs de plein air	Charbon, potasse, sodium, sulfate, sel, bentonite, barytine, silice, gypse, argile, sable, gravier, pierre
		2. Pré-bois : feuillus et parcelles d'herbages	Cryoboréal froid à modérément froid		
		3. Forêt boréale (Manitoba, Saskatchewan) : conifères avec quelques essences de feuillus et des parcelles de tourbières et de marais (Alberta) : conifères avec quelques essences boréales de feuillus			

ANNEXE V (suite)

DESCRIPTION DES ZONES DE RESSOURCES FONCIÈRES

ZONE DE RESSOURCES FONCIÈRES	CARACTÉRISTIQUES PHYSIOGRAPHIQUES	VÉGÉTATION[1] (par ordre de prédominance)	CLIMAT AU SOL[2] (par ordre de prédominance)	PRINCIPALES UTILISATIONS DU SOL	PRINCIPAUX PRODUITS MINIERS
III Archipel arctique	Montagnes, plateaux, bas-plateaux, basses-terres	Toundra : désert rocheux et sol pierreux arctiques-lande de lichens	1. Arctique extrêmement froid. Pergélisol permanent 2. Sous-arctique très froid à cryoboréal froid (combinaison de zonalité et d'aspect verticaux)	Exploitation minière, (secondaire)	Plomb, zinc, cuivre, argent
IV.1 Bouclier boréal sud	Bas-plateaux, hautes-terres	1. Boréale : conifères dans le nord ; conifères avec quelques essences de feuillus au Sud	Cryoboréal froid à **subarctique très froid**	Exploitation minière, foresterie, tourisme, pêche, piégeage, loisirs de plein air, agriculture	Cuivre, zinc, or, argent, cadmium, sélénium, tellure, fer, nickel, titane, talc, néphéline, syénite, uranium, cobalt, serpentine
		2. Forêt mélangée du sud : feuillus avec conifères	Cryoboréal modérément froid à boréal frais		
IV.2 Bouclier subarctique central, bas-plateaux et plateaux	Plateaux (Québec)	1. Forêt claire : sol recouvert de lichens et arbrisseaux épars à feuilles en aiguilles 2. Boréal : conifères groupes de conifères	Cryoboréal froid à subarctique très froid Pergélisol discontinu	Exploitation minière, pêche, piégeage, foresterie, tourisme, loisirs de plein air, foresterie, (intérêt secondaire)	Fer, argent, cuivre, zinc, plomb, or uranium, cobalt, cadmium, sélénium,
	Bas-plateaux (Manitoba, Saskatchewan, Territoires du N.-O.) plateaux, bassins vallées	1. Boréale : conifères avec des groupes d'arbrisseaux et des parcelles dénudées 2. Forêt claire : sol recouvert de lichens, lande, arbrisseaux, conifères épars à feuilles en aiguilles	Subarctique très froid à cryoboréal froid. Pergélisol généralisé		
IV.3 Bouclier arctique (Arctique septentrional)	Montagnes, plateaux, hautes-terres	Toundra : arbrisseaux nains de l'Arctique ; carex poussant sur un sol pierreux, lande, lichens	Pergélisol arctique extrêmement froid	Pêche, chasse, piégeage, exploitation minière	Amiante

ANNEXE V (suite)

DESCRIPTION DES ZONES DE RESSOURCES FONCIÈRES

ZONE DE RESSOURCES FONCIÈRES	CARACTÉRISTIQUES PHYSIOGRAPHIQUES	VÉGÉTATION[1] (par ordre de prédominance)	CLIMAT AU SOL[2] (par ordre de prédominance)	PRINCIPALES UTILISATIONS DU SOL	PRINCIPAUX PRODUITS MINIERS
V Basses-terres de la baie d'Hudson	Basses-terres	1. Tourbières — terrains organiques : petits lacs, sol recouvert de mousse et de carex, et rangées de conifères 2. Toundra : arbrisseaux nains — carex, lichen, lande (le long de la côte de la baie d'Hudson	1. Subarctique très froid 2. Subarctique très froid (à l'Ouest de la baie James) Pergélisol discontinu	Piégeage, chasse	
VI.1 Basses-terres du Saint-Laurent — Grands lacs inférieurs	Basses-terres, plaines	1. Forêt mélangée du sud-est : feuillus avec conifères	Boréal modérément frais à mésique doux	Agriculture, pêche, industrie, tourisme, loisirs de plein air	Gypse, sel, sable, gravier, pierre concassée
		2. Forêt de feuillus du Sud	Doux à mésique modérément chaud		
VI.2 Basses-terres centrales du Saint-Laurent	Basses-terres, plaines	Forêt mélangée du sud-est : feuillus avec conifères	Boréal modérément frais à mésique doux	Agriculture, pêche, industrie, tourisme, loisirs de plein air	Magnésium, calcium, silice, magnésite, dolomite magnésienne, sable, gravier, pierre concassée
VII. Appalaches	Montagnes, hautes-terres	1 Boréale, conifères 2 Forêt mélangée du sud-est : feuillus avec conifères (Québec, Nouvelle-Écosse, Nouveau-Brunswick et Île-du-Prince-Édouard) 3 Forêt claire (Terre-Neuve)	1. Cryoboréal modérément froid à boréal modérément frais 2 Cryoboréal froid (Terre-Neuve)	Foresterie, tourisme, loisirs de plein air, pêche, exploitation minière, agriculture	Charbon, amiante, plomb, zinc cuivre, molybdène, argent, or, cadmium, potasse
	Hautes-terres	1. Boréale : feuillus et conifères à feuilles en aiguilles 2. Forêt claire : arbrisseaux à feuilles en aiguilles, parcelles de lande et de terres dénudées (Terre-Neuve)	1. Cryoboréal modérément froid (Terre-Neuve) 2. Boréal modérément frais à mésique doux (Nouvelle-Écosse) 3. Boréal frais (Nouveau-Brunswick)		
	Plaines, basses-terres	Boréale : conifères et feuillus	Frais à boréal modérément frais		

ANNEXE VI

SUPERFICIE APPROXIMATIVE DE SOL PERTURBÉ PAR L'EXPLOITATION MINIÈRE AU CANADA : 1970, 1975 (en hectares)
(Comité consultatif national sur la recherche minière et métallurgique)

	1970		1975	
Type de mine	Perturbé	Remis en état	Perturbé	Remis en état
Cuivre, nickel	10 117	567	11 412	1 457
Plomb, zinc, argent, cobalt	1 619	—	1 821	—
Uranium	aucune donnée	36	aucune donnée	202
Or	1 740	—	aucune augmentation	405
Molybdène, niobium, tantale, tungstène	445	34	1 665	202
Minerai de fer	18 211	—	aucune augmentation	—
Charbon	14 164	810	15 783	2 428 — 3 642
Amiante	2 833	—	aucune augmentation	20
Potasse	1 620	—	2 428	—

Source : Rabbitts et coll., 1971

ANNEXE VII

SOL PERTURBÉ PAR L'EXPLOITATION MINIÈRE AU CANADA : PAR PROVINCE ET TERRITOIRE
(superficie en hectares)

Province ou territoire	Mine à ciel ouvert	Morts-terrains	Étangs de barbotine	Résidus	Débris de roches	Scories	TOTAL	Couverture végétale
Terre-Neuve	350	1 281	141	580	182		2 534	19
Nouvelle-Écosse	3	716	29	70	192		1 010	120
Nouveau-Brunswick	23	4 537	92	344	101		5 097	1 681
Québec	641	1 330	200	4 078	1 988	12	8 249	601
Ontario	190	1 107	1 676	6 125	1 107	261	10 466	758
Manitoba	15	257	216	641	129		1 258	14
Saskatchewan	4	3 403	188	1 994	63		5 652	1 706
Alberta	7	3 436	29	315	155		3 942	1 313
Colombie-Britannique	147	3 241	182	2 647	2 868	10	9 095	722
Territoires du Nord-Ouest		347	2	518	268		1 135	10
Yukon	54	2 340	22	166	104		2 686	256
CANADA	1 434	21 995	2 777	17 478	7 157	283	51 124	7 200

* La couverture végétale comprend toutes les zones de couverture naturelle résiduelle, de réimplantation naturelle d'herbes, d'arbrisseaux et d'ardres, et la restauration de la couverture végétale sur les terres remises en état. Aucune distinction n'a été faite entre ces catégories. La couverture végétale présentait trois degrés de densité : épaisse, modérée, pauvre, la majeure partie entrant dans la catégorie de modérée à pauvre.

Source : Murray, 1977b

ANNEXE VIII

COMPARAISON ENTRE DIVERSES ÉTUDES EFFECTUÉES SUR LA PERTURBATION ET LA REMISE EN ÉTAT DES SOLS PAR L'INDUSTRIE MINIÈRE AU CANADA

	Inventaire CANMET (c) (1977*b*)	Environnement CANADA (a) (1972)	Rabbitt et coll. (c) (1970)	Direction générale des terres (b) Étude en cours (1980)
Total de sol perturbé	51 124 ha	18 602 ha	52 610 ha (estimé de 1975) 59 895 ha	233 968 ha
Total de sol remis en état	7 200 ha (comprend la restauration végétale naturelle)	893 ha	1 447 ha 4 714 — 6 056 ha (estimé de 1975)	13 733 ha (d)
Nombre de sites miniers étudiés	705	102	77	705 et plus
Nombre de compagnies engagées dans une certaine forme de remise en état	105	26	30 — 38	116

(a) L'étude n'englobait pas les mines de potasse, de charbon, d'or, d'amiante, de gypse ou les carrières de sable et de gravier.
(b) Comprend les sablières et gravelières, les sables pétrolifères
(c) L'étude ne comprend pas les sablières et gravelières ou les sables pétrolifères
(d) Ne comprend pas les sablières et gravelières ainsi que les carrières dans les chiffres sur la remise en état.

Sources : Rabbitts et coll., 1971 ; Environnement Canada, 1972 ; Murray, 1977b

ANNEXE IX

Bibliographie utilisée pour compiler le tableau 28 : Superficie des terres perturbées par les déchets de mines et le tableau 34 : Estimation de la superficie des terres perturbées et restaurées

Abbott, D. 1975. *Pedological Inventory of Waste Embankments : Open-Pit and Titanium Mines, Quebec and Labrador.* Rapport préparé par le Minerals and Materials Department, New Brunswick Research and Productivity Council. Fredericton, pour le Centre canadien de la technologie des minéraux. Projet de restauration de la couverture végétale. 1974-1977. Énergie, Mines et Ressources. Ottawa (Ontario).

_____ . 1976. *Pedological Inventory : Coal and Gypsum Mining Wastes, New Brunswick and Nova Scotia.* Rapport préparé par le Minerals and Materials Department, New Brunswick Research and Productivity Council, Fredericton, pour le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET), Énergie, Mines et Ressources, Projet de restauration de la couverture végétale, 1974-1977.

_____ , et G.B. Bacon. 1977. "Reclamation of Coal Mine Wastes in New Brunswick." *CIM Bulletin.* Vol. 70, No. 781, pp. 112-126. Institut canadien des mines et de la métallurgie, Montréal (Québec).

Aiello, J. 1973. "Open-Pit Coal Mining at Cardinal River Coals." *Western Miner.* Vol. 46, pp. 34-37. Western Mines Press Ltd. Vancouver (C.-B.).

_____ . 1980. "The Rebirth of Corbin — The Byron Creek Collieries Story." *CIM Bulletin.* Vol. 73, No. 813, pp. 59-69. Institut canadien des mines et de la métallurgie, Montréal (Québec).

Alberta Environment. 1979, 1980. Land Conservation and Reclamation Division, Research Secretariat. Edmonton (Alberta). Communication personnelle.

Alberta Environment Conservation Authority. 1972. *The Impact on the Environment of Surface Mining in Alberta : Summary of the Public Hearings.* Alberta Environment Conservation Authority, Edmonton (Alberta).

Allan, M.H. 1978. "Coal Mining and Reclamation at SPC Operations." *CIM Bulletin.* Vol. 71, No. 794, pp. 82, 83. Institut canadien des mines et de la métallurgie, Montréal (Québec).

Anderson, D.W., R.E. Redman, et M.E. Jonescu. 1975. *A Soil, Vegetation and Microclimate Inventory of Coal Strip Mine Wastes of the Estevan Area, Saskatchewan.* Préparé par le Soil Science Department, University of Saskatchewan, pour le Centre canadien de la technologie des mines et de l'énergie (CANMET), Projet de restauration de la couverture végétale 1974-1977.

Anderson, J.M. et J.D. Robertson. 1977. *Environmental Considerations at Afton Mines Ltd., Kamloops, B.C.* Travail présenté lors de l'assemblée annuelle de l'Institut canadien des mines et de la métallurgie, Ottawa (Ontario).

Bayne, D.A. 1975. "Revegetation of Tailings Areas at Vacated Mines near Carcross, Yukon Territory." Rapport non publié soumis à K.W. Cullen, Water Resources Section, Department of Indian and Northern Affairs. Whitehorse (Yukon).

Berdusco, R.J. 1974. "A Case Study and Analysis of the Reclamation of Three Surface Coal Mines in the Crowsnest Pass Region of British Columbia." Thèse non publiée, Forestry Department, University of British Columbia. Vancouver (C.-B.).

_____, et A.W. Milligan. 1977. "Surface Reclamation Situations and Practices on Coal Exploration and Surface Mine Sites at Sparwood, B.C." *Proceedings : 2nd General Meeting of the Canadian Land Reclamation Association.* Actes d'une réunion tenue du 17-20 août 1977, Faculty of Extension, University of Alberta, Edmonton (Alberta).

Berry, C.B. et D.J. Klym. 1974. "Reclamation of Mined Land, Great Canadian Oil Sands Ltd., Lease Site, Tar Island, Alberta." *Proceedings : Workshop on Reclamation of Disturbed Lands in Alberta.* Actes d'un atelier tenu les 27 et 28 mars 1974. Edited by Drake Hocking and William R. MacDonald. Information Report Nor-X-116, pp. 162-170. Northern Forest Research Centre, Environnement Canada, Edmonton (Alberta).

Blakeman, W.B. 1976. "An Investigation of Volunteer Vegetation on Mine Tailings Deposits and the Introduction of Selected Species on a Tailings Test Plot." Thèse de maîtrise non publiée, Département de géographie, Université Carleton, Ottawa (Ontario). 3 volumes.

Boutilier, G.T. et R.S. Morton. 1978. *Mine Land Reclamation : 1975 to 1978 Research Projects Alder Point and Point Aconi. Cape Breton County, Nova Scotia.* Cape Breton Development Corp. Sydney (Nouvelle-Écosse).

British Columbia Department of Mines and Petroleum Resources. 1977. *Annual Report.* Victoria (C.-B.).

Caston, A.W. 1978. "The Glen Major Site : A Cooperative Land Rehabilitation Project." *Proceedings : 3rd Annual Meeting of the Canadian Land Reclamation Association,* pp. 54-56, Actes d'une réunion tenue du 29 mai — 1er juin 1978, à l'Université laurentienne de Sudbury. Canadian Land Reclamation Association, Guelph (Ontario).

Centre des technologies de l'environnement. 1975. *Inventaire pédologique des mines et des déchets miniers dans des régions désignées du Québec.* Rapport préparé pour le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie par la Faculté des sciences appliquées, Université de Sherbrooke. Énergie, Mines et Ressources Canada. Projet de restauration de la couverture végétale. 1974-1977.

Coates, W.E. et O.R. Scott, 1979. "A Study of Pit and Quarry Rehabilitation in Southern Ontario." *Ontario Geological Survey.* Miscellaneous Report 83. Toronto (Ontario).

Commission mixte internationale, 1977. *Inventory of Land Use and Land Use Practices in the Canadian Great Lakes Basin.* Rapport du International Reference Groupe on Great Lakes Pollution From Land use Activities. Volume 1. Canadian Great Lakes Summary. Windsor (Ontario).

_____., 1979. *International Poplar River Water Quality Study, Appendix E : Plant, Mine and Reservoir Operations.* Poplar River Water Quality Board, Windsor (Ontario).

Como, B.A. *et al.* 1978. *Reclamation of Abandoned Mine Spoils in British Columbia, 1977-78.* Préparé par le Department of Soil Science, University of British Columbia, pour le British Columbia Ministry of Mines and Petroleum Resources, Inspection and Engineering Division. Paper 1978-7. Victoria (C.-B.).

Cormack, R.G.H. 1950. *A Study of Strip Mine Areas in Alberta, Part 1 : Mountain and Foothill Region.* Alberta Department of Lands and Forest. Edmonton (Alberta).

Cowan, J.G. 1975. "Three Years of Experimental Planting on Taconite Tailings at the Griffith Mine Provide a Basis for Future Reclamation of Iron Mine Spoil." Thèse non publiée, School of Forestry, Lakehead University, Thunder Bay (Ontario).

Crouse, R.H. 1978. "Reclamation Planning for the Line Creek Project." *Reclamation of Land Disturbed by Mining.* pp. 133-134 des Actes du 2nd Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium, tenu des 1-3 mars à Vernon, British-Columbia Ministry of Mines and Petroleum Resources and Mining Association of British Columbia. Victoria (C.-B.).

Dai, T.S. et A. Langevin. 1978. *Revegetation Activities — 1977.* Syncrude Canada Ltd. Edmonton (Alberta).

Dames and Moore Ltd. 1977. *A Report on the Current Status of the Canadian Coal Mining Industry.* 3rd Edition. Toronto (Ontario).

_____. 1978. *A Report on the Current Status of the Canadian Mining Industry.* 4th Edition. Toronto (Ontario).

Davy, T.G. 1979. "An Industry View of the Problems in Dealing with Land Reclamation Legislation." *Proceedings : 4th Annual Meeting of the Canadian Land Reclamation Association.* pp. 277-283 des Actes d'une réunion tenue du 13-15 août 1979 à Regina (Sask.).

Dewitt, F.J. 1978. "Environmental Planning and Rehabilitation at Milton Quarry." *Proceedings : 3rd Annual Meeting of the Canadian Land Reclamation Association.* pp. 39-45 des Actes de la réunion tenue à l'Université laurentienne de Sudbury du 29 mai au 1er juin 1978. Canadian Land Reclamation Association, Guelph, (Ontario).

Dick, J.H. 1974. "General Observations on Reclamation in British Columbia 1969-74." *Land Reclamation Short Course Notes.* Centre for Continuing Education, University of British Columbia and Mining Association of British Columbia. Vancouver (C.-B.).

_____, et J.V. Thirgood. 1975. "Development of Land Reclamation in British Columbia." *Practices and Problems of Land Reclamation in Western North America.* Edited by M.K. Wali. pp. 65-78. University of North Dakota Press. Grand Forks.

Douglas, G. 1979. "Reclamation and the Saskatchewan Coal Industry." *Proceedings : 4th Annual Meeting of the Canadian Land Reclamation Association.* pp. 33-38 des Actes de la réunion tenue du 13-15 août 1979 à Regina (Sask.).

Edmonton Power. 1977. "Application to the Energy Resources Conservation Board for Approval to Construct, Connect and Operate the Genesee Power Plant and Mine." *Cost Benefit and Social Impact Statement.* Volume V. Edmonton (Alberta).

Énergie atomique du Canada. 1978. *The Management of Uranium Mill Tailings : An Appraisal of Current Practices.* Comité consultatif sur les déchets AECB — Rapport 1156. Ottawa (Ontario).

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1976. *Minerals and the Environment.* Rapport 163 de la série MRI. Approvisionnements et Services Canada, Ottawa (Ontario).

Environnement Canada 1977. "Statutory and Environmental Protection Aspects of Mineral Aggregates and Industrial Minerals Production in Eastern Canada : Inventory of Active and Abandoned and or Intermittently Used Sand, Gravel, Rock Aggregate and Industrial Mineral Sites in Eastern Canada." Rapport non publié préparé par W.B. Blakeman and Associates, Ottawa, pour la Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

_____. 1979*a*. *Coal and the Inland Water Environment of Atlantic Canada.* Water Planning and Management Branch, Inland Waters Directorate, Atlantic Region. Halifax (N.-É.)

_____. 1979*b*. *Environmental Monitoring of Coal Mining and Beneficiation Facilities in Nova Scotia and New Brunswick, Canada.* Surveillance Report EPS-5-AR-79-5. Environmental Protection Service. Halifax (N.-É.).

Erocon Ltd. 1974. "Revegetation Studies on Mine Tailings at American Smelting and Refining Company, Buchans, Newfoundland and Consolidated Rambler Mines Ltd., Baie Verte, Newfoundland." Rapport interne non publié préparé pour la Direction générale de la lutte contre la pollution des eaux, Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Errington, J.C. 1978, 1980. Inspection and Engineering Branch, Reclamation Section. British Columbia Department of Mines and Petroleum Resources Victoria (C.-B.). Communication personnelle.

Fahrni, K.C. 1974. "Land Reclamation Plan at Phoenix Mine." *Land Reclamation Short Course Notes.* Centre for Continuing Education, University of British Columbia and the Mining Association of British Columbia. Vancouver (C.-B.).

Fedkenheuer, A.W. et A. Langevin, 1978. "Revegetation Practices at Syncrude Canada Ltd., Fort McMurray, Alberta." *Proceedings : 3rd Annual Meeting Canadian Land Reclamation Association.* pp. 173-183. des Actes de la réunion tenue à l'Université laurentienne de Sudbury, du 29 mai au 1er juin 1978. Canadian Land Reclamation Association. Guelph (Ontario).

F.F. Slaney and Co. Ltd. 1971. "Environmental Impact of Surface Coal Mining Operations in Alberta." *Proceedings : Public Hearings on the Impact on the Environment of Surface Mining in Alberta.* Environmental Conservation Authority. pp. 1-59. Edmonton (Alberta).

Fitzgibbon, C. 1975. *Study of Erosion in the Strip-Mined Area Around Estevan, Saskatchewan.* Saskatchewan Department of Environment. Policy, Planning and Research Branch. Vol. 1, Vol. II. Regina (Sask.).

Freedman, M. 1968. "A Geographical Analysis of the Estevan (Sask.) Coal Field 1880-1966." Thèse non publiée, University of Saskatchewan, Saskatoon (Sask.).

Freyman, A.J. 1979. "Desertification by the Mining Industry and the State of the Art of Reclamation." *Western Miner.* pp. 9-22. Western Miner Ltd. Vancouver (C.-B.).

Galbraith, D.M. 1978. "Air photo and Coal Exploration Procedure." *Reclamation of Land Disturbed by Mining.* pp. 29-49 des Actes du 2nd Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium tenu du 1-3 mars à Vernon, B.C. British Columbia Ministry of Mines and Petroleum Resources and Mining Association of British Columbia. Victoria (C.-B.).

Gardiner, R.T. 1977. "Tailings Revegetation Experience at Cominco Ltd., Metal Mines in B.C. and the N.W.T." *Reclamation of Lands Disturbed by Mining.* pp. 35-54 des Actes du 1st Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium tenu du 16-18 mars à Vernon, B.C. British Columbia Ministry of Mines and Petroleum Resources and Mining Association of British Columbia. Victoria (C.-B.).

Gavelin, L. 1979. "Current Revegetation Techniques at Craigmont Mine." *Reclamation of Lands Disturbed by Mining.* pp. 179-196 des Actes du 3rd Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium tenu du 7-9 mars à Vernon, British Columbia Ministry of Mines and Petroleum Resources and Mining Association of British Columbia. Paper 1979-4. Victoria (C.-B.).

Gibraltar Mines Ltd. 1972. "Reclamation and Environmental Control." *Western Miner.* Vol. 45, No. 6, pp. 50-52. Western Miner Ltd. Vancouver (C.-B.).

Giergon, L. 1978. "Pit and Quarry Rehabilitation as Practised by Standard Aggregates." *Proceedings : 3rd Annual Meeting of the Canadian Land Reclamation Association.* pp. 57-63 des Actes de la réunion tenue à l'Université laurentienne de Sudbury du 29 mai au 1er juin 1978. Canadian Land Reclamation Association. Guelph (Ontario).

Gordon, I.M. 1969. "Erosion Control at Hollinger Mine Tailing Site." *Canadian Mining Journal.* Vol. 90, pp. 46-49. Southam Communications Ltd, Don Mills (Ontario).

Gregory Geoscience Ltd. 1975. *An Assessment of the Potential Use of Remote-Sensing Technology for Monitoring Mine Waste Dumps : Vol. 1 : Development of Techniques. Vol. 2 : An Experimental Inventory of Mine Wastes.* Rapports préparés pour le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET). Pit Slope Project, Énergie, Mines et Ressources. Ottawa (Ontario).

Gullen, K.W. 1976. *Revegetation of Tailings Areas at Vacated Mines near Carcross, Yukon Territory.* Rapport annuel 1975-76 du Boreal Institute for Northern Studies. University of Alberta, Edmonton (Alberta).

Hamilton, S.A. 1979. *Minerals and Land Use : A New Look.* Travail présenté lors de l'assemblée générale annuelle de la Canadian Association of Geographers. 28 mai au 1er juin 1979, Victoria (C.-B.).

_____. 1980. *Land Use for Mineral Based Activities.* Rapport interne, MRI 80/4. Politique minérale, Énergie, Mines et Ressources, Ottawa (Ontario).

Hawthorn, F.G. et D.K. McQueen, 1978. "Reclamation Planning at Hat Creek, B.C." *Proceedings : Reclamation of Land Disturbed by Mining.* pp. 109-131 des Actes du 2nd Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium, tenu du 1-3 mars à Vernon, British Columbia Ministry of Mines and Petroleum Resources and Mining Association of British Columbia. Victoria (C.-B.).

_____, Docksteader R.L. et D.K. McQueen. 1979. "Hat Creek Reclamation Studies, Results of the First Year Program." *Reclamation of Lands Disturbed by Mining.* pp. 239-272 des Actes du 3rd Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium tenu du 7-9 mars à Vernon. British Columbia Ministry of Mines and Petroleum Resources and Mining Association of British Columbia. Paper 1979-4, Victoria (C.-B.).

Hewitt, D.F. et M.A. 1970. *Urbanization and Rehabilitation of Pits and Quarries.* Ontario Department of Mines and Northern Affairs. Industrial Mineral Report No. 34. Toronto (Ontario).

Hillis, R. 1979. "Reclamation Practices at Island Copper Mine." *Reclamation of Lands Disturbed by Mining.* pp. 197-206 des Actes du 3rd Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium tenu du 7-9 mars à Vernon. British Columbia Ministry of Mines and Petroleum Ressources and Mining Association of British Columbia. Paper 1979-4, Victoria (C.-B.).

Hogg, J.L.E. 1971. "Mined Land Reclamation in British Columbia." *Forestry Chronicle.* Vol. 47, No. 6., pp. 1-40. Canadian Institute of Forestry, Macdonald College, Ste-Anne-de-Bellevue (Québec).

Holz, P. 1976. "Gold Mine Waste Dumps Get a Face Lift." *Canadian Mining Journal.* Vol. 83, pp. 74-76. Southam Communications Ltd. Don Mills. (Ontario).

Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd. (Flin Flon) and Piteau, Gadsby, Macleod Ltd. (Vancouver). 1975. *Study of Sulphide Tailings at a Base Metal Mine in Flin Flon, Manitoba.* Rapport préparé pour le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET). Énergie, Mines et Ressources. Peut être obtenu en s'adressant à la biliothèque du CANMET, Ottawa (Ontario).

Jonescu, M.E. 1974. "Natural Vegetation and Environmental Aspects of Strip Mined Land in the Lignite Coal Fields of Southeastern Saskatchewan." Thèse de doctorat non publiée, University of Saskatchewan, Saskatoon (Sask.).

Klesse, A. 1977. "Reclamation Planning for the Poplar River Project." *Proceedings : Coal Industry Reclamation Symposium.* pp. 159-163 des Actes du symposium tenu du 13-16 février 1977. Coal Association of Canada, Calgary (Alberta).

Klym, D.J. et T.D. Shopik, 1979. *Great Canadian Oil Sands Ltd., Annual Reclamation Report, 1978.* Great Canadian Oil Sands Ltd. Environmental Affairs Department. Fort McMurray (Alberta).

Laidlaw, T.F. 1977. "The Camrose-Ryley Project Proposal (1975) : A Preliminary Assessment of the Surface Reclamation Potential on the Dodds-Roundhill Coalfield." Staff Report : Alberta Environment Conservation Authority. Edmonton (Alberta).

Lane, D.P. et J.D. McDonald, 1979. "Irrigation with Sewage Effluent on the Old Granby Tailings at Princeton, B.C." *Reclamation of Lands Disturbed by Mining.* 3rd Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium, tenu du 7-9 mars 1979 à Vernon. British Columbia Ministry of Mines and Petroleum Resource and Mining Association of British Columbia. Paper 1979-4, pp. 109-122. Victoria (C.-B.).

Langevin, A. et P.D. Lulman. 1977. *Revegetation Activities — 1976.* Syncrude Canada Ltd. Edmonton (Alberta).

Lank, J. 1978. "Site Preparation Methods Employed at Coleman Colleries Limited." *Reclamation of Land Disturbed by Mining.* Actes du Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium, tenu du 1-3 mars 1978 à Vernon. British Columbia Ministry of Mines and Petroleum Resources and Mining Association of British Columbia. pp. 159-166. Victoria (C.-B.).

Lavkulich, L.M., A.A., Bomke, R.E., Hardy, G.E., Murray, J.W., Robbins, D.A., Nutchen, et C.A., Rowles 1976. *Pedological Inventory of Three Sulphide Mine Areas in British Columbia.* Rapport préparé par Soil Science Department. University of British Columbia, pour le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET), Énergie, Mines et Ressources, Projet de restauration de la couverture végétale, 1974-1977.

Lavkulich, L.M. 1977. "Research on Tailings in British Columbia, University of British Columbia Experience." *Reclamation of Lands Disturbed by Mining.* Actes du British Columbia Mine Reclamation Symposium, tenu du 16-18 mars 1977 à Vernon. British Columbia Ministry of Mines and Petroleum Resource and Mining Association of British Columbia. pp. 109-118. Victoria (C.-B.).

Lavkulich, L.M., B.A., Como, A.A., Bomke, J.M., Robbins, et J. Singleton 1977. *Tailings Research : Selected Mines in British Columbia 1976-77.* Rapport préparé pour le British Columbia Ministry of Mines and Petroleum Resources, par le Soil Science Department, University of British Columbia, Vancouver (C.-B.)

Macyk, T.M. 1973. *Progress Report : Strip Mining Reclamation Project No. 8 Mine, Grande Cache, Alberta.* Alberta Institute of Pedology, Soils Division. Research Council of Alberta. Report M-73-14. Edmonton (Alberta).

_____ , et J. Stewart. 1977. "Reclamation of McIntyre's No. 8 Mine." *Proceedings : Coal Industry Reclamation Symposium.* Actes du symposium tenu du 13-16 février. Coal Association of Canada. pp. 130-134. Calgary (Alberta).

Marshall, W.J., *et al.* 1974. *Quebec Metal Mines and the Environment.* Comité de l'environnement. Association des mines de métaux du Québec, Québec.

Martin, E.J. 1977. "Coal Resources of the Hat Creek Valley and Plans for Its Utilization." *Proceedings of the 9th Canadian Conference on Coal.* pp. 47-55 des Actes de la conférence tenue du 2-4 octobre 1977. Coal Association of Canada. Calgary (Alberta).

McCue, J. 1979. "Reclamation at Newmont Mines, Princeton, B.C. *Reclamation of Lands Disturbed by Mining.* Actes du 3rd Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium, tenu du 7-9 mars 1979 à Vernon. British Columbia Ministry of Mines and Petroleum Resources and Mining Association of British Columbia. Paper 1979-4, pp. 157-168. Victoria (C.-B.).

McDonald, J.D. 1977. "Reclamation Planning for the North-Eastern British Columbia Coal Block." *Proceedings : Coal Industry Reclamation Symposium.* pp. 108-126 des Actes du symposium tenu du 13-16 février 1977. Coal Association of Canada. Calgary (Alberta).

McLellan, A.G. 1971. "The Predicament of the Sand and Gravel Industry — The Provincial and Local Situations, the Waterloo Country Area." *Selected Geographical Essays.* Edited by A.G. McLellan. pp. 217-299. University of Waterloo, Waterloo (Ontario).

_____, S.E. Yundt, et M.L. Dorfman. 1979. "Abandoned Pits and Quarries in Ontario. A Program for their Rehabilitation." *Ontario Geological Survey.* Miscellaneous Paper 79. Toronto (Ontario).

McTaggart-Cowan, I. 1979. "Coal Mining and Environment Management in the Fernie Area of British Columbia." *Annual Review 1977-1978.* pp. 19-33. Conseil consultatif sur l'environnement. Environnement Canada Ottawa (Ontario).

Meadows, B.B. 1970. "Minto-Chipman Strip Mining Reclamation Project." *Canadian Mining Journal.* Vol. 91, No. 6, pp. 92-93. Southam Communications Ltd., Don Mills (Ontario).

Montreal Engineering Co. Ltd. 1978. *Phase II. Environmental Assessment Salmon Harbour Midland Mine Project, New Brunswick.* Rapport préparé pour Environmental Impact and Assessment Management Committee. Salmon Harbour — Midland Project. Department of Environment. Fredericton (N.-B.).

Moore, T.R. et R.C. Zimmerman. 1975. *Study of Asbestos Mine Tailings.* Rapport préparé par le Geography Department, McGill University, pour l'Association des mines d'amiante du Québec et le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET). Énergie, Mines et Ressources, Projet de restauration de la couverture végétale, 1974-1977.

_____. 1977. "Establishment of Vegetation on Serpentine Asbestos Mine Wastes, Southeastern Quebec, Canada." *Journal of Applied Ecology.* Vol. 14, pp. 589-599. British Ecological Society. Oxford, Angleterre.

Murray, D.R. 1977*a. Pit Slope Manual : Supplement 10-1 ; Reclamation by Vegetation, Vol. 1 — Mine Waste Description and Case Histories.* Rapport 77-31. Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET), Énergie, Mines et Ressources. Ottawa (Ontario).

_____. 1977*b. Pit slope Manual : Supplement 10-1 ; Reclamation by Vegetation, Vol. 2 — Mine Waste Inventory by Satellite Imagery.* Rapport 77-58. Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET), Énergie, Mines et Ressources, Ottawa (Ontario).

_____, et D. Moffett, 1977. "Vegetating the Uranium Tailings at Elliot Lake, Ontario." *Journal of Soil and Water Conservation.* Vol. 32, No. 3, pp. 171-174. The Soil Conservation Society of America. Ankeny (Iowa).

Northern Miner. 1979. "Kaiser Resources Coal Operations at Sparwood, British Columbia." *Northern Miner.* November 1, 1979. Northern Miner Press Ltd. Toronto (Ontario).

Nouvelle-Écosse, ministère du développement. 1975. *Mining Industry Profile and Impact Study.* Department of Development. Halifax (N.-É.).

Ogram, D.G. et W.W. Fraser. 1978. "Reclamation of High Sulphilde Tailings at Hudson Bay Mining and Smelting, Flin Flon, Manitoba." *Reclamation Review.* Vol. 1, No. 1, pp. 19-26. Canadian Land Reclamation Association. Guelph (Ontario).

Ontario Mineral Aggregate Working Party. 1977. *A Policy for Mineral Aggregate Resource Management in Ontario.* Ministry of Natural Resources. Toronto (Ontario).

Peters, T.H. 1978. "INCO Metals Reclamation Program." *Proceedings : 3rd Annual Meeting of the Canadian Land Reclamation Association.* pp. 31-38 des Actes de la réunion tenue à l'Université laurentienne de Sudbury, du 29 mai au 1er juin 1978. Canadian Land Reclamation Association, Guelph (Ontario).

Peterson, E.B. et H.M. Etter. 1970. *A Background for Disturbed Land Reclamation and Research in the Rocky Mountain Region of Alberta.* Rapport A-X-34. Forest Research Laboratory. Canadian Forestry Service, Environment Canada. Edmonton (Alberta).

Rabbitts, F.T., *et al.* 1971. *Environmental Control in the Mining and Metallurgical Industry in Canada.* Comité national consultatif sur la recherche minière et métallurgique. Énergie, Mines et Ressources, Ottawa (Ontario).

Ripley, E.A., R.E. Redman, et J. Maxwell, 1978. "Environmental Impact of Mining in Canada." *National Impact of Mining.* Series No. 7. Centre for Resource Studies. Queen's University, Kingston (Ontario).

Rivett, L.S. et U.M. Oko, 1971. "Taillings Disposal, Generation of Acidity from Pyrrhotite and Limestone Neutralization of Waste Water at Falconbridge's Onaping Mines." *Canadian Mining and Metallurgical Bulletin.* Vol. 64, No. 712, pp. 108-113. Institut canadien des mines et de la métallurgie, Montréal (Québec).

R.M. Hardy and Associates. 1976. *A Soil and Vegetation Inventory of Coal Mining Wastes in the Rocky Mountain Region of Alberta and British Columbia.* Rapport préparé pour le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET), Energie, Mines et Ressources. Projet de restauration de la couverture végétale, 1974-1977.

Root, J.D. 1973. "The Physical Environment of an Abandoned Strip Mine near Cadomin, Alberta." Thèse non publiée. University of Alberta, Edmonton (Alberta).

Rotherham, D.C., S.J. Tennant, et A.D. Drummond, 1972. "Gibraltar Mines Limited." *Western Miner.* Vol. 45, pp. 40-55. Western Miner Ltd. Vancouver (C.-B.).

RPC Ltd. 1975. *A Historic and Present Land Use and Open Space Inventory of the Winnipeg Region.* Rapport préparé pour le Manitoba Department of Municipal Affairs on behalf of the Winnipeg Region Study Group. Winnipeg (Man.).

Rump, P. et K. Harper, 1977. *Land Use in Saskatchewan.* Policy, Planning and Research Branch. Saskatchewan Department of Environment. Regina (Sask.).

Saskatchewan Power Corporation. 1977. *Poplar River : Thermal Power Project.* Environmental Assessment and Mine Reclamation Summary Report. Regina (Sask.).

Schmidt, J.W. et D. Moffett, 1979. *Overview of Canadian Environmental Research in the Uranium Mining Industry.* Présenté lors du BCWWA and FACE 'Uranium Mining and the Environment Seminar'. Vancouver (C.-B.).

Scott, J.S. et K., Bragg, 1975*a*. "Le traitement des eaux usées provenant de l'exploitation des mines et de la préparation des minerais". *Technology Transfer Seminar on Mining Effluent Treatment as Applied to the Base Metal. Iron Ore, and Uranium Mining and Milling Industry.* Rapport EPS 3-WP-75-5F. Service de la protection de l'environnement, Ottawa (Ontario).

_____. 1975*b*. "Water Minimization and Re-Use in Mining and Milling." *Technology Transfer Seminar in Mining Effluent Regulations/Guidelines and Effluent Treatment Technology as Applied to the Base Metal, Iron Ore and Uranium Mining and Milling Industry.* Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa (Ontario).

Shawinigan Engineering Western Ltd. 1977. "The Genessee Power Project." *Environmental Impact Assessment.* Vol. IV, Part 2. Rapport 4612-04-2-77. Préparé pour Edmonton Power. Edmonton (Alberta).

Simmons, M.D. 1971. *Gravel Extraction and Land Planning in Central Nova Scotia.* Cabinet Committee on Planning and Programs. Halifax. (N.-É.).

Stathers, J.E. et R.T. Gardiner, 1979. "Operational Reclamation Experiences at Cominco's Bluebell and Pinchi Lake Mines." *Reclamation of Lands Disturbed by Mining.* Actes du 3rd Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium, tenu du 7-9 mars 1979 à Vernon. British Columbia Ministry of Mines and Petroleum Resources and Mining Association of British Columbia. Paper 1979-4. pp. 83-96. Victoria (C.-B.).

Taylor, K.G. et D. Gill, 1974. "Environmental Alteration and Natural Vegetation at a Mine Site in the Northwest Territories, Canada". *Proceedings : International Conference on Land for Waste Management.* pp. 16-25 des Actes de la conférence tenue le 13 octobre 1973. Institut d'agriculture du Canada, Ottawa (Ontario).

Thirgood, J.V. 1970. "Land Reclamation in Canada." *Commonwealth Forestry Review.* Vol. 49, No. 3, pp. 227-234. Commonwealth Forestry Association. Londres, Angleterre.

_____. 1978. "Extent of Disturbed Land and Major Reclamation Problems in Canada." *Reclamation of Drastically Disturbed Lands.* Edited by F.W. Shaller and P. Sutton. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America. pp. 45-68. Madison. (Wisc.).

Thirgood, J.V. and Gilmore, W.F. 1971. "An Approach to Land Reclamation at the Lornex Mining Project." *Western Miner.* Vol. 44, No. 8, pp. 48-51. Western Miner Ltd, Vancouver (C.-B.).

Thirgood, J.V. et P.F. Ziemkiewicz, 1978. "Reclamation of Coal Surface — Mined Land in Western Canada." *Reclamation of Drastically Disturbed Lands.* Edited by F.W. Schaller and P. Sutton. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America. pp. 537-552. Madison (Wisc.).

Valleau, B. 1977, 1978. Land Conservation and Reclamation Division. Alberta Environment. Edmonton (Alberta). Communication personnelle.

Watkin, E.M. et J.E. Winch, 1973. "Composed Organic Wastes, Sewage Sludges and Rock Phosphate for the Amelioration of Acid Uranium Mine Taillings." *Proceedings : International Conference on Land for Waste Management.* pp. 48-58 des Actes de la conférence tenue le 13 octobre 1973. Institut d'agriculture du Canada, Ottawa (Ontario).

Western Miner. 1972. "Reclamation at Wabamum." *Western Miner.* Vol. 46, No. 1, pp. 42. Western Miner Ltd. Vancouver (C.-B.).

Weston, S. 1973. "Report on Developments and Progress in Reclaiming Waste Dumps and Tailings Ponds." *Western Mine,* Vol. 46, No. 8, pp. 29-37. Western Miner Ltd, Vancouver (C.-B.).

Winterhalder, K. 1978. "A Historical Perspective of Mining and Reclamation in Sudbury." *Proceedings : 3rd Annual Meeting Canadian Land Reclamation Association.* pp. 1-13 des Actes de la réunion qui s'est déroulée à l'Université laurentienne de Sudbury du 29 mai au 1er juin 1978. Canadian Land Reclamation Association, Guelph (Ontario).

Young, C.A. 1969. "The Use of Vegetation to Stabilize Mine Tailings Areas at Copper Cliff." *Canadian Mining Journal.* Vol. 90, No. 6, pp. 43-46. Southam Communications Ltd, Don Mills. (Ontario).

Yundt, S.E. 1977. "A Case Study of Materials and Techniques Used in the Rehabilitation of a Pit and a Quarry in Southern Ontario." *Proceedings : Second Annual General Meeting of the Canadian Land Reclamation Association.* Edmonton. Faculty of Extension. University of Alberta, Edmonton (Alberta).

COLLECTION « UTILISATION DES TERRES AU CANADA »

(comprend la collection *Programmes de planification de l'utilisation des sols au Canada*)

1. *Programmes de Planification de l'utilisation des sols au Canada : La Nouvelle-Écosse,* Valerie Cranmer, 1974. En 73-1/1F.
2. *Programmes de planification de l'utilisation des sols au Canada : Le Nouveau-Brunswick.* Valerie Cranmer, 1974. En 73-1/2F.
3. *Programmes de planification de l'utilisation des sols au Canada : L'Île-du-Prince-Édouard,* Valerie Cranmer, 1974. En 73-1/3F.
4. *Programmes de planification de l'utilisation des sols au Canada : Le Québec.* Odette L'Anglais, 1976. En 73-1 /4F.
5. *Programmes de planification de l'utilisation des sols au Canada : L'Alberta.* E. Neville Ward, 1976. En 73-1 / 5F.
6. *Programmes de planification de l'utilisation des sols au Canada : Terre-Neuve.* Valerie Cranmer, 1974. En 73-1 / 6F.
7. *Programmes de planification de l'utilisation des sols au Canada : La Colombie-Britannique.* E. Neville Ward, 1976. En 73-1/7F.
8. *Programmes de planification de l'utilisation des sols au Canada : Le Manitoba.* E. Neville Ward, 1976. En 73-1 / 8F.
9. *Programmes de planification de l'utilisation des sols au Canada : L'Ontario.* E. Neville Ward, 1978. En 73-1 / 9F.
10. *Programmes de planification de l'utilisation des sols au Canada : La Saskatchewan.* E. Neville Ward, 1978. En 73-1 / 10F.
11. *Terres fédérales, utilisation et gestion.* Hedley M. Swan, 1978. En 73-1/11F.
12. *Propriétés foncières des non-résidents : Législation et tendances à l'Île-du-Prince-Édouard.* Land Use Service Centre de l'Î-P-É. et le Service de gestion des ressources des Maritimes, Conseil des premiers ministres des Maritimes, 1978. En 73-1/12F.
13. *Les Réserves de terres agricoles en Colombie-Britannique.* Edward W. Manning et Sandra S. Eddy, 1978. En 73-1 / 13F. $ 3.50
14. *Programmes de planification de l'utilisation des sols du Canada : Territoires du Nord-Ouest.* T. Fenge, J.E. Gardner, J. King et B. Wilson, 1979. En 73-1/14F. $ 3.
15. *Programmes de planification de l'utilisation des sols au Canada : Le Territoire du Yukon.* D.K. Redpath, 1979. En 73-1/15F. $ 3.

16. *Société d'aménagement des terres de l'Île-du-Prince-Édouard — Rôle et activités de 1970 à 1977.* Service d'aménagement des ressources des Maritimes et Conseil des premiers ministres des Maritimes, 1979. En 73-1 / 16F.

17. *Évolution de la valeur des terres agricoles canadiennes : 1961-1976.* (Bilingue). E.W. Manning, J.D. McCuaig et E.A. Lacoste, 1979. En 73-1/17F.

18. *Les répercussions des récentes lois de l'I.-P.-É. sur l'utilisation des terres.* E. Kienholz, 1980. En 73-1/18F.

19. *La croissance urbaine, l'infrastructure et les possibilités des terres : L'exemple de Windsor.* V. Neimanis et R. McKecknie, 1980. En 73-1/19F.

20. *Urbanisation des terres rurales au Canada : 1966-1971 et 1971-1976.* (Bilingue). C.L. Warren et P.C. Rump, 1981. En 73-1/20F.

21. *Changement de l'utilisation des terres agricoles au Canada : Processus et conséquences.* J.D. McCuaig et E.W. Manning, 1982. En 73-1/21F.

22. *Mines, utilisation des sols et environnement, I. Un aperçu général pour le Canada.* I.B. Marshall, 1982. En 73-1 / 22F.

23. *Mines, utilisation des sols et environnement. II. Un compte rendu des activités des récupérations minières au Canada.* I.B. Marshall (en préparation). En 73-1/23F.